PUBLISHED BY
UNIVERSITY OF NEW MEXICO, NEUTROSOPHIC
SCIENCE INTERNATIONAL ASSOCIATION
AND LATIN AMERICAN ASSOCIATION OF
NEUTROSOPHIC SCIENCES .

VOL. 36
2025

NEUTROSOPHIC COMPUTING AND MACHINE LEARNING

ISSN 2574-1101 (ONLINE)
ISSN 2574-1098 (PRINT)

NCML

Neutrosophic Computing and Machine Learning

Neutrosophic Computing Machine and Learning

Copyright Notice

The authors of the articles do hereby grant Neutrosophics Computing and Machine Learning non-exclusive, worldwide, royalty-free license to publish and distribute the articles in accordance with the Budapest Open Initiative: this means that electronic copying, distribution and printing of both full-size version of the journal and the individual can be made by any user without permission or charge. The authors of the articles published in Neutrosophic Computing and Machine Learning retain their rights to use this journal as a whole or any part of it in any other publications and in any way they see fit. Any part of Neutrosophic Computing and Machine Learning howsoever used in other publications must include an appropriate citation of this journal

Información para Autores y Suscriptores

"Neutrosophic Computing and Machine Learning" (NCML) es una revista académica que ha sido creada para publicaciones de estudios avanzados en neutrosofía, conjunto neutrosófico, lógica neutrosófica, probabilidad neutrosófica, estadística neutrosófica, enfoques neutrosóficos para el aprendizaje automático, etc. y sus aplicaciones en cualquier campo.

Todos los trabajos presentados deben ser profesionales, con un buen uso del idioma inglés o español, que contengan una breve reseña de un problema y los resultados obtenidos.

La neutrosofía es una nueva rama de la filosofía la cual estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades, así como sus interacciones con diferentes espectros ideacionales. La teoría considera que cualquier noción o idea <A> junto a su opuesto o negación <antiA> y el espectro de neutralidades <neutA> entre ellos(es decir nociones o idea que no soportan a ni a <A> ni a <antiA>). Las ideas <neuA> y <antiA> juntas son nombradas <noA>.

La neutrosofía es una generalización de la dialéctica de Hegel (Esta última es basada en <A> y <AntiA> solamente).

De acuerdo a esta teoría toda idea <A> tiende a ser neutralizada y balanceada por <antiA> y <noA>-como un estado de equilibrio.

En su forma clásica <A>, <neutA>, <antiA> son disjuntos dos por dos. Pero como en varios casos los límites entre conceptos son vagas a imprecisas, es posible que <A>, <neutA>, <antiA> (y <nonA> por supuesto) tengan partes comunes dos por dos también, o incluso los tres a la vez.

Los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica son generalizaciones de los conjuntos difusos de la lógica difusa respectivamente (y especialmente de los conjuntos intuicionista y respectivamente de la lógica difusa intuicionista). En la lógica neutrosófica cada proposición tiene un grado de veracidad (T), un grado de indeterminación (I) y un grado de falsedad (F) donde T, I, F son subconjuntos estándar o no estándar de] -0, 1+ [,

La Probabilidad Neutrosófica es una generalización de las probabilidades clásicas e imprecisas.

La estadística neutrosófica es una generalización de las estadísticas clásicas e imprecisas.

Neutrosophic Computing and Machine Learning

Lo que distingue a la neutrosofía de otros campos es el <neutA>, que no significa ni <A> ni <antiA>.

<neutA> , el cual por supuesto depende de <A>, puede ser indeterminación, neutralidad, empate en un juego, desconocimiento, contradicción, ignorancia, imprecisión, etc.

Todos los envíos deben realizarse con el siguiente formato:

http://fs.unm.edu/NCML/NCML-paper-template.doc

http://fs.unm.edu/ScinceLibrary.htm

Para poner a consideración un trabajo, envíe el archivo por correo electrónico a los editores en jefe. Para solicitar problemas impresos, póngase en contacto con los editores. Esta revista es de acceso abierto, no comercial, edición académica. Es impreso para donaciones privadas.

Más información sobre la neutrosofía, así como un conjunto de libros y materiales en distintos idiomas se encuentran libremente disponibles en el sitio de la UNM: http://fs.unm.edu/neutrosophy.htm

La página principal de esta revista puede ser accedida en: http://fs.unm.edu/NCML/

Neutrosophic Computing and Machine Learning

A Quarterly International Journal in Information Science and Engineering

Editors-in-Chief

Prof. Florentin Smarandache, PhD, Postdoc, Mathematics Department, University of New Mexico, Gallup, NM 87301, USA. Email: smarand@unm.edu
Prof. Maikel Leyva-Vázquez PhD. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador E-mail: mleyvaz@gmail.com

Associated Editors:

José Felipe Ramírez Pérez, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
Milton Maridueña Arroyave, Instituto Tecnológico Superior Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador.
Karina Pérez-Teruel, Universidad Abierta para Adultos, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.
Neilys González Benítez, Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río, Cuba.
Jesús Estupiñán Ricardo, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, República de Ecuador.
Noel Batista Hernández, Universidad de Guayaquil, República de Ecuador.
Julio Barzola-Monteses, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Editors

Rodolfo González Ortega, Universidad de Feevale Brasil.
Oiner Gómez Baryolo, Facultad de Sistemas Computacionales y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica ECOTEC, Samborondón, Guayas, Ecuador.
Jesús Hechavarría Hernández, Universidad de Católica Santiago de Guayaquil Ecuador.
Salah Hasan Saleh, Universidad de las Ciencias Informáticas, Habana Cuba.
Milton Villegas Alava, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
Johanna Irene Escobar Jara, Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas, Guayaquil, Ecuador.
Ameirys Betancourt Vazquez, Polytechnic Institute of Technology and Science, Luanda, Angola.
Diego Silva Jiménez, Instituto de Investigación e Innovación en Salud, Universidad Central Santiago de Chile, República de Chile.
Lenin Villalobos Egaña, Centro de Educación Continua, Universidad Antofagasta, República de Chile.

ÍNDICE

1. Segundo Moisés San Lucas Coque, Jessy Carolina Paredes Paredes, Melanie Anahí Vasco Rumipamba, Washington Paúl Culqui Molina. **Evaluación multicriterio neutrosófica sobre la enfermedad de Pott en un paciente adulto mayor** 1
2. Segundo Moisés San Lucas Coque, Steeven Alexander Cuno Pérez, Cristopher René Guerrero Rea. **Método Neutrosófico multicriterio para estimar el shock séptico de origen pulmonar por streptococcus pneumoniae** 10
3. Pamela Alejandra Paredes Carvajal, Jaine Labrada Ching, Nathali Maite Villagrán Veloz. **Evaluación neutrosófica para el diagnóstico de la Leucemia Viral Felina** 18
4. Iyo Alexis Cruz Piza, Vanessa Josefa Hernández Alvarado, Nelly Valeria Vinueza Ochoa. **Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la muerte cruzada en el Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática en el año 2022** 26
5. Rolando Manuel Benites, Grimaneza Miguelina Fonseca Díaz, Diana Gissela Benites Fonseca, David André Benites. **Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de una estrategia didáctica en aprendiza-je de estudiantes universitarios** 33
6. Jerson Alexis Ordóñez Sarchi, Carmen Marina Méndez Cabrita, Marco Vinicio Chulde Narváez. **Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores** 43
7. Hendry Francel Cadena Sayavedra, Andrea Katherine Bucaram Caicedo, Santiago Fernando Fiallos Bonilla. **Método para la recomendación sobre el uso de la inteligencia artificial y sus consecuencias en los derechos de autor en el Ecuador** 53
8. Yolanda Guissell Calva Vega, Jorge Luis Ortega Abad, Fredy Pablo Cañizares Galarza, Salomón Alejandro Montece Giler. **Método neutrosófico para el análisis de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi** 64
9. Juan Alejandro Coloma Armijos, Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Diego Patricio Gordillo Cevallos. **Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información** 75
10. Roberto Javier Aguilar Berrezueta, Blanca Cristina Estrella López, Guido Nino Guida Acevedo, Valeria Lisseth López Pérez. **Métodos AHP y Topsis para la estimación de la inteligencia emocional y su influencia en el estado de ánimo en los estudiantes** 85
11. Paúl Orlando Piray Rodríguez, Guido Javier Silva Andrade, Josselyn Estefanía Yaulema Colcha, Cynthia Belén Chango Paguay. **Método nuetrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la Inteligencia Artificial** 94

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

12. José Milton Jiménez Montenegro, Nelson Fabricio Samaniego Guanga, Doménica Dayana Tamayo García, Gabriela Ángeles Montenegro Cáceres. **Sistema de recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países** 103

13. Janneth Ximena Iglesias Quintana, Paúl Orlando Piray Rodríguez, Elías Mesías Machado Maliz, Jackeline del Cisne Llanga Córdova. **Método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género** 111

14. Luis Ramiro Ayala Ayala, Oscar Gonzalo Jácome Merino, Sebastián Alejandro Contento Correa, Mesías Elías Machado Maliza. **Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de la donación y trasplante de órganos en Ecuador** 119

15. José Milton Jiménez Montenegro, Gabriela Fernanda Fajardo Pincay, Daniela Alejandra León Yánez. **Método neutrosófico para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba** 129

16. Marianela del Rocío Buitrón Recalde, Alex Giovanny Lara Muñoz, Anahí Fernanda Bravo Alvarado, Laura Salas Gómez. **Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos** 138

17. Icler Naun Sisalema Aguilar, Bolívar Fernando Mena Hidalgo, Roberto Javier Aguilar Berrezueta. **Método neutrosófico para la evaluación y control de efecto de abdomen obstructivo a causa de un vólvulo de sigma** 149

18. Ned Vito Quevedo Arnaiz, Nemis García Arias, Cristian Fernando Benavides Salazar. **Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor** 157

19. María de los Ángeles Silva Celi, Adrián Isaac Toala Tapia, Lisseth Margarita Zambrano Cedeño. **Método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical** 167

20. Jenny Olivia Caicedo Rodríguez, Carlos Alejandro Troya Altamirano, Evelyn Carolina Betancourt Rubio. **Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador** 175

21. Marco Antonio Puetate Ayala, Carmen Marina Méndez Cabrita, Josía Jeseff Isea Argüelles, and Julio Juvenal Aldana Zavala. **Evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como Circunscripciones Territoriales con Régimen Especial en Ecuador** 185

22. Maikel Y. Leyva Vázquez, Florentin Smarandache. **Conexiones entre Epistemología Andina y Lógica Neutrosófica: Evaluando los Modelos Fundacionales en la Complejidad Cultural** 193

23. Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Diego Patricio Gordillo Cevallos, Styven Andrés Pila Chicaiza, Marcela Jeannette Yancha Urrutia. **Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para analizar la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica** 205

24. Galo Renato Navas Espín, Pietra Catalina Dávila Jácome, Renato Mathias Navas Dávila, Bayron Ramiro Pinda Guanolema. **Método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas realizadas en WhatsApp en el cantón Pastaza** 213

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

25. María Fernanda Morales Gómez, Jessica Lisbeth Vallejo Bayas, Lissette Estefanía Muyulema Muyulema. **Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo** 228

26. Alex Ramón Valencia Herrera, Lizbeth Antonella Castro Castro, Luiggy Fabricio Jaña Navarrete, Marco Alexander Toscano Paredes. **Sistema de recomendaciones con el uso de la Inteligencia Artificial en la Nefrología** 237

27. Giovanny Vinicio Pineda Silva, Antonio Gabriel Castillo Medina, Juan Diego Zurita Vargas, Jorge Andrés Rodas Buenaño. **Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético mediante la prueba de noack** 246

28. Evelyn Carolina Betancourt Rubio, Carlos Alejandro Troya Altamirano, Héctor Orlando Zapata Zambrano. **Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar** 257

29. José Roberto Lema Balla, Juan Carlos Lema Balla, Lesly Tamara Heredia Tapia. **Sistema de recomendaciones sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado** 268

30. Fernando de Jesús Castro Sánchez, Jesús Estupiñán Ricardo, Marcos Aníbal Lalama Flores. **Método neutrosófico para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado en la Universidad** 276

31. Florentin Smarandache, Maikel Y. Leyva Vázquez. **Di-aléctica, Tri-aléctica, ..., n-aléctica, para n ≥ 2** 285

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Evaluación multicriterio neutrosófica sobre la enfermedad de Pott en un paciente adulto mayor.

Neutrosophic multicriteria evaluation of Pott's disease in an older adult patient.

Segundo Moisés San Lucas Coque[1], Jessy Carolina Paredes Paredes[2], Melanie Anahí Vasco Rumipamba[3], and Washington Paúl Culqui Molina[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.segundolucas@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jessypp53@uniades.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. melanievr56@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.washingtoncm67@uniandes.edu.ec

Resumen. La enfermedad de Pott, o tuberculosis vertebral, es una manifestación grave de la tuberculosis que puede afectar la calidad de vida en pacientes de edad avanzada. Este estudio se propone llevar a cabo una Evaluación Multicriterio Neutrosófica centrada en un paciente mayor diagnosticado con esta condición. La evaluación integrará diversos factores, incluyendo la severidad clínica de la enfermedad, las implicaciones psicológicas del diagnóstico, y las repercusiones sociales y económicas que enfrentan los pacientes ancianos. A través de un enfoque neutrosófico, se busca proporcionar un marco flexible y holístico que respete la incertidumbre inherente a la evaluación de múltiples criterios en contextos médicos complejos. El resultado de esta investigación tiene como objetivo contribuir a la toma de decisiones clínicas más informadas, mejorando así la atención y el manejo de pacientes mayores con enfermedad de Pott. La incorporación de diferentes perspectivas en la evaluación permitirá un entendimiento más completo de la situación del paciente, optimizando su calidad de vida y atención integral.

Palabras Claves: Evaluación multicriterio neutrosófica**,** enfermedad de Pott, o tuberculosis vertebral, adulto mayor

Abstract. Pott's disease, or vertebral tuberculosis, is a serious manifestation of tuberculosis that can affect the quality of life in elderly patients. This study aims to carry out a Neutrosophic Multicriteria Assessment focused on an elderly patient diagnosed with this condition. The assessment will integrate various factors, including the clinical severity of the disease, the psychological implications of the diagnosis, and the social and economic repercussions faced by elderly patients. Through a neutrosophic approach, we seek to provide a flexible and holistic framework that respects the uncertainty inherent in the assessment of multiple criteria in complex medical contexts. The outcome of this research aims to contribute to more informed clinical decision making, thus improving the care and management of elderly patients with Pott's disease. Incorporating different perspectives into the assessment will allow a more complete understanding of the patient's situation, optimizing their quality of life and comprehensive care.

Keywords: Neutrosophic multicriteria assessment, Pott's disease, or vertebral tuberculosis, elderly

1 Introducción

La enfermedad de Pott, también conocida como tuberculosis vertebral, es una afección antigua que ha sido causa principal de discapacidad y sufrimiento a lo largo de los tiempos. Esta afección es ocasionada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, afecta la columna vertebral y representa una forma grave de tuberculosis extrapulmonar, con consecuencias devastadoras para la salud física y emocional de quienes la padecen. Se caracteriza por la infección de las vértebras, lo que lleva a la destrucción del tejido óseo y la formación de abscesos en la médula espinal [1]. Los síntomas incluyen dolor de espalda persistente, deformidades espinales, debilidad muscular, dificultad para caminar e incluso la compresión de la médula espinal, lo que puede provocar parálisis [2].

Esta enfermedad suele afectar a los pulmones, pero en el 33% de los casos afecta a otros órganos. La tuberculosis espinal ocurre en menos del 1% de pacientes con tuberculosis y es más común en niños que en adultos en los países en desarrollo. En 1779, Sir Percival Pott dio la primera descripción científica de la enfermedad, describiendo

los síntomas, las etapas de progresión y mencionando las complicaciones de la tuberculosis espinal como: cifosis, abscesos fríos osifluentes y déficits neurológicos [3].

En 2017, la OMS estimó 7,200 casos de tuberculosis, diagnosticando y tratando 5,815 casos, lo que indica una brecha del 19.23% con 1,385 casos no identificados. En 2018, Ecuador notificó 6,094 casos de tuberculosis sensible, con 906 casos menos que los estimados por la OMS. Guayas registró la mayor incidencia (55.03%), seguido por El Oro (7.28%) y Los Ríos (6.02%). Los grupos más afectados fueron 25-34 años (25%), 15-24 años (20.54%) y 35-44 años (16.85%), siendo los hombres más afectados. La tuberculosis pulmonar prevalece con el 81.54% de los casos nuevos, mientras que la tuberculosis extrapulmonar constituyó el 18.46%. Factores como VIH y recursos limitados podrían influir en estas disparidades entre estimaciones y notificaciones, evidenciando desafíos en el diagnóstico y tratamiento [4].

El diagnóstico temprano de la enfermedad de Pott es crucial para prevenir complicaciones graves. Se utiliza una combinación de pruebas de imagen, como radiografías, resonancias magnéticas o tomografías computarizadas, junto con pruebas microbiológicas para confirmar la presencia de la bacteria causante [5]. La TB vertebral es una preocupación en áreas donde la tuberculosis es endémica y donde persisten desafíos en la detección temprana, el acceso a la atención médica y el tratamiento efectivo. La prevención, el diagnóstico oportuno y el tratamiento adecuado son fundamentales para mitigar el impacto de esta enfermedad [6].

En Ecuador, no se cuentan con registros específicos sobre la frecuencia de la enfermedad de Pott debido a que el Programa Nacional de Control de Tuberculosis clasifica de manera general todas las formas de infección tuberculosa que no afectan los pulmones como tuberculosis extrapulmonar; por esta razón, esta investigación explorará a profundidad la enfermedad de Pott, abordando la historia de la enfermedad, las manifestaciones clínicas, métodos de diagnóstico, tratamientos actuales, su impacto microbiológico, y la prevención de esta enfermedad. Asimismo, se analizará un caso clínico que permitirá un mejor entendimiento del mismo. Con estos elementos, se pretende abordar el objetivo principal de la investigación: desarrollar una evaluación multicriterio neutrosófica sobre la enfermedad de Pott en un paciente adulto mayor.

2 Estructura del método multicriterio para la evaluación neutrosófica de la enfermedad de Pott

Para evaluación de la enfermedad de Pott, se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para diagnosticar la enfermedad de Pott en un paciente adulto mayor. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determina el análisis evaluativo.

Actividad 1: Identificación los criterios que definen la enfermedad de Pott

Representa el conjunto de criterios que definen la enfermedad de Pott. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},$ n ≥ 2, indicadores que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios que definen el caso

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los casos. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los casos de análisis.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar los criterios que definen el caso. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [7-10] que constituye un método multicriterio [11-13]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [14], [15], [16]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios[17] . Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación

cardinal ratio [18], [19]. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [20, 21]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [22]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [23], [24], [25]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [26-28]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum\nolimits_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_{j.}$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método multicriterio para la evaluación neutrosófica de la enfermedad de Pott

A continuación se realiza una descripción de la corrida por actividades del método neutrosófico multicriterio para la evaluación de la enfermedad de Pott. En este caso se tomará como objeto de estudio un paciente adulto mayor. El caso clínico se presenta tal como se muestra a continuación:

Se presenta el caso de un hombre de 88 años, que ingresó a consulta por dolor lumbar, con antecedentes de hipertensión arterial en tratamiento, además de una prostatectomía. Ocho meses previos a la consulta, el paciente refiere que ha presentado un dolor en la región lumbar de gran intensidad, que viene acompañado de debilidad progresiva en miembros inferiores. Tres meses previos a la consulta el paciente refiere presentar adormecimiento de las extremidades inferiores, lo que impide la deambulación, por la cual es valorado por especialistas quienes indican varios exámenes, los cuales incluyen: RX, RMN, pruebas de laboratorio y pruebas microbiológicas.

Una vez presentado el reporte de caso, se realiza la implementación del método neutrosófico descrito en esta investigación:

Actividad 1: Identificación los criterios que definen la enfermedad de Pott

Para la presente investigación se consultaron 5 expertos a partir de los cuales se identificaron los criterios evaluativos. La tabla 2 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos que definen la enfermedad de Pott para un adulto mayor.

No	Criterios	Descripción
C_1	Dolor espinal	Evaluar la presencia, localización y características del dolor en la columna vertebral. El dolor puede ser agudo o crónico y, a menudo, se describe como profundo o punzante. Su intensidad y duración son indicativas del estado de la enfermedad y pueden reflejar la progresión del daño vertebral.
C_2	Limitación de movilidad	Observación y evaluación del rango de movimiento de la columna vertebral. La rigidez o dificultad para moverse, especialmente al inclinarse o girar, puede indicar la afectación de las estructuras vertebrales y el avance de la enfermedad, limitando la calidad de vida y la funcionalidad del paciente.

No	Criterios	Descripción
C_3	Síntomas sistémicos	Monitorear la presencia de síntomas sistémicos como fiebre, sudores nocturnos, pérdida de peso y fatiga. Estos síntomas pueden reflejar un proceso infeccioso activo y se correlacionan con la gravedad de la enfermedad. Su evaluación proporciona información sobre el estado general de salud del paciente y la respuesta al tratamiento.
C_4	Deformidades estructurales	Evaluar la presencia de deformidades físicas visibles, como cifosis o cambios posturales. La aparición de deformidades en la columna puede ser un indicador de colapsos vertebrales y progresión en la enfermedad de Pott, además de afectar el equilibrio y la funcionalidad del paciente.
C_5	Complicaciones neurológicas	Observación de signos de compromiso neurológico, como debilidad, parestesias o pérdida de función en las extremidades. Estos síntomas pueden surgir si hay compresión de la médula espinal o raíces nerviosas a causa de abscesos o colapsos vertebrales, indicando un avance grave de la enfermedad que requiere intervención inmediata.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios que definen el tratamiento

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios para determinar la enfermedad de Pott. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los síntomas.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para evaluar la enfermedad de Pott.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(1,0,0)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $vk_j \in S$, donde; $S=\{s1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características *ck* utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto (EA)	(1,0,0)
Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente bajo (MDB)	(0.40,0.65,0.60)
Bajo (MB)	(0.30,0.75,0.70)
Muy bajo (MB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy bajo (MMB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente bajo (EB)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para cuantificar los criterios del tratamiento con bomba de presión negativa para las lesiones de partes blandas en los miembros en pacientes diabéticos. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para evaluar el tratamiento con bomba de presión negativa para las lesiones de partes blandas.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
C_2	Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
C_3	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
C_5	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para el análisis de la enfermedad de Pott en el paciente objeto de estudio. La tabla 6 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios evaluativos	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.85,0.15,0.15)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0.15,0.15)
C_5	(0.70,0.25,0.30)	(0.8,0,15,0.20)	(0.75,0.15,0.15)
Inferencia			(0.85,0.15,0.15)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación sobre la enfermedad de Pott en un paciente adulto mayor, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio como muy alto con un índice de 0.85. Adicionalmente, se corroboraron las siguientes acciones:

- Síntomas clínicos: Evaluar la presencia y severidad de síntomas clínicos relevantes, como dolor en la espalda, fiebre, sudores nocturnos y pérdida de peso. Estos síntomas son cruciales para diagnosticar la enfermedad de Pott y pueden indicar la progresión o complicaciones de la enfermedad.
- Imágenes diagnósticas: Analizar los hallazgos en estudios de imagen, como radiografías, resonancias magnéticas o tomografías computarizadas. La imagenología puede revelar deformidades vertebrales, abscesos paravertebrales y el compromiso de estructuras adyacentes, lo que es fundamental para evaluar la extensión de la enfermedad.
- Exámenes de laboratorio: Considerar los resultados de exámenes de laboratorio, incluyendo hemogramas, pruebas de función renal y serologías específicas (como el bacilo de Koch). Estos análisis ayudan a confirmar la infección tuberculosa y a evaluar la salud general del paciente, especialmente en adultos mayores que pueden tener comorbilidades.
- Estado funcional: Evaluar la capacidad funcional del paciente, considerando su movilidad, autonomía y calidad de vida. Esto incluye la evaluación de la marcha, la capacidad para realizar actividades diarias y la necesidad de ayuda en la vida cotidiana, dado que la pérdida de función puede ser significativa en adultos mayores afectados.
- Impacto psicosocial: Analizar las repercusiones psicológicas y sociales de la enfermedad en el paciente. Esto implica entender el impacto emocional, la ansiedad y la depresión relacionada con el diagnóstico, así como la red de apoyo social del paciente. La evaluación del bienestar psicosocial es clave para un manejo integral.

Resultados del caso

En los resultados de laboratorio se mostró 5/8 QS, LDH: 563 u/l, beta 2 microglobulina 3.4 mg/L; en el Hemograma se observó neutrofilia acompañada de un descenso de linfocitos, monocitos, recuento de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito. Además, en la química clínica sanguínea se refleja hiperglicemia.

En los resultados de imagen se evidenció destrucción de la arquitectura de L1-L2, aparente masa sobre L3, fractura costal izquierda, región sacra con úlceras por presión grado II, sin secreción purulenta y cambios de intensidad de señal que se extiende a los músculos paravertebrales y psoas. Es llevado a la casa de salud por un familiar para la valoración y manejo del cuadro y es valorado por el servicio de traumatología quien solicita RX de cráneo AP y lateral para diagnóstico de mieloma múltiple.

En el examen físico neurológico el paciente está consiente, orientado, levemente somnoliento. A nivel de la boca, sus mucosas orales se encuentran semihúmedas. En la zona cardiovascular, se aprecia un corazón rítmico

sin soplos. A nivel respiratorio, presenta murmullo vesicular conservado. Se aprecia un abdomen suave con ruidos hidroaéreos, depresible y no doloroso a la palpación. En miembros inferiores presenta edema ++/+++, cambios tróficos por insuficiencia venosa crónica y pulsos distales presentes.

En el examen microbiológico, la prueba de tinción Gram mostró: Bacilos Gram negativos escasos, Cocos Gram positivos escasos y no se observó presencia de hongos. La prueba de bacilos ácidorresistentes (BAAR), en el frotis de esputo, indicó: Positivo (+) 10-99 BAAR/100 campos.

En el examen molecular se realizó la prueba de PCR (geneXpert.Ultra) el cual dio positivo para Mycobacterium tuberculosis complex dando como resultado un nivel de detección bajo, sin embargo, no se detectó en el ADN *mycobacterium tuberculosis*, pero se mostró dianas IS6110, IS1081 y gen rpoB de mycobacterium tuberculosis, asimismo la presencia de mutación en el gen rpoB que se visualizó por medio de la resistencia a rifampicina que fue detectada.

Por consiguiente, se inició el tratamiento del paciente con Moxifloxacino 400mg/250ml vía intravenosa por un cuadro neumocítico, además, se le prescribe Paracetamol 1000mg/100ml cada 8h y Omeprazol de 40mg. En los días posteriores al inicio del tratamiento se visualizó una mejoría evidente en el paciente sin descenso de su estado de salud por lo cual la medicación sigue vigente ya que se mostró una mejoría notable y el paciente sigue con un estado de salud progresivo. Del mismo modo, hasta la fecha, el paciente sigue acudiendo a la clínica para el control y seguimiento de su caso en compañía de un familiar.

La enfermedad de Pott, también conocida como tuberculosis vertebral, es una forma específica de tuberculosis que afecta la columna vertebral. Según la evidencia científica, la enfermedad de Pott es más recurrente en niños, sin embargo, este paciente es de la tercera edad, por lo cual es muy poco común. En el caso clínico, pudo manifestarse de tal forma la enfermedad, debido a la inhalación de *Mycobacterium tuberculosis*, causante de TB, además de que venía en compañía de VIH, por lo que se complicó esta afección y llegó a afectar su columna vertebral. La coexistencia de la infección por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) y el incremento en la migración dificultan su erradicación.

4 Discusión

En 1779, Percival Pott documentó las manifestaciones de la TB que causaban paraplejía y cifosis, actualmente conocidas como espondilodiscitis/espondilitis tuberculosa complicada. En el presente, el término "enfermedad de Pott" o "columna de Pott" se refiere a la infección tuberculosa en la columna vertebral, y la "paraplejía de Pott" hace alusión al deterioro motor resultante [29]

En el caso clínico presentado, se evidenciaron algunas complicaciones al momento del diagnóstico, ya que, en las pruebas microbiológicas, arrojó una escasez en la sección de bacilos Gram positivos en la tinción GRAM. Por consiguiente, el profesional médico al observar aquellos resultados y al sospechar fuertemente de una tuberculosis, dedujo que probablemente hubo un fallo en los exámenes microbiológicos, por lo cual se solicitó una prueba de Bacilos ácidorresistentes, seguido de una PCR (geneXpert.Ultra), tomando en cuenta la condición socioeconómica del paciente, quien accedió sin problema alguno [30].

A su vez, se toma en cuenta que la resonancia magnética nuclear (RMN) se destaca como la principal herramienta de diagnóstico para evaluar el compromiso neurológico y diferenciar distintas condiciones médicas. En casos de tuberculosis vertebral, la RMN muestra típicamente afectación en varios cuerpos vertebrales consecutivos, con mayor incidencia de daños en la parte frontal del hueso subcondral, seguido por la afectación de discos intervertebrales y la presencia de abscesos en áreas adyacentes como el psoas.

Estas lesiones, comunes en zonas donde la tuberculosis es prevalente, suelen ser suficientes para diagnosticar y comenzar el tratamiento para la tuberculosis de la columna. Sin embargo, cuando una lesión vertebral tuberculosa no muestra las características clínicas o radiográficas habituales, se clasifica como tuberculosis espinal atípica, un fenómeno poco reportado. La dificultad en diagnosticar estas lesiones radica en su rareza y en la complejidad del diagnóstico clínico y radiológico, lo que puede llevar a retrasos en el tratamiento [3].

El estándar para diagnosticar la tuberculosis espinal con lesiones vertebrales destructivas implica el crecimiento del Mycobacterium tuberculosis en el cultivo de muestras de tejido infectado, obtenidas a través de biopsias guiadas por imagen o procedimientos quirúrgicos abiertos. Para el cultivo de la muestra del paciente, se requirió de 4 a 6 semanas para evidenciar el crecimiento bacteriano, sin embargo, su sensibilidad fue limitada. Por ello, el estudio histopatológico y la tinción del frotis para detectar bacilos ácido-alcohol resistentes (BAAR) son considerados estándares de referencia debido a su mayor fiabilidad en el diagnóstico [1].

En el paciente se inició el tratamiento con Moxifloxacino mostrando mejoría, sin embargo, existen otros tipos de tratamiento como el Rifater ® (rifampicina 150 mg, isoniazida 75 mg, pirazinamida 400 mg) en cinco tabletas por vía oral al día, además de etambutol 400 mg por vía oral dos veces al día. Para aliviar el dolor, al paciente se le recetó paracetamol. También se debe tener en cuenta que se puede incluir la administración de Piridoxina 50 mg por vía oral dos veces al día. Sin embargo, se enfatiza que el tratamiento médico por sí solo no resulta suficiente. La cirugía se vuelve necesaria en un 24% de los casos. El enfoque quirúrgico tiene varios objetivos, como drenar el absceso, aliviar la presión sobre los nervios y estabilizar la columna vertebral mediante la colocación de injertos, implantes o dispositivos específicos para la zona espino dorsal. No obstante, la cirugía en este caso no fue

necesaria ya que el paciente si presentó mejoría con el tratamiento.

Se ha comprobado que la combinación del drenaje percutáneo dirigido por tomografía computarizada junto con la cirugía posterior es segura y efectiva en el tratamiento de la tuberculosis espina dorsal y lumbar con grandes abscesos ilio-psoas en adultos. Sin embargo, persiste controversia en cuanto al enfoque quirúrgico, desbridamiento y artrodesis, ya sea vía anterior, posterior o una combinación de ambas, según se describe. El enfoque clásico para la espondilitis tuberculosa implica un desbridamiento anterior, e injertos de tejido óseo, aunque estos injertos pueden tener problemas como fracturas, desplazamientos y deformidades. El desbridamiento anterior radical seguido de la reconstrucción con injertos óseos se ha considerado tradicionalmente como el gold estándar en el tratamiento quirúrgico de la enfermedad de Pott [30].

Según un estudio que se publica en la revista Journal of Bone and Joint Surgery en 2018, la tasa de éxito del tratamiento es alta (aproximadamente el 90%) cuando se utiliza un régimen de tratamiento adecuado y se lleva a cabo una cirugía de descompresión temprana.

La identificación microbiológica es crucial para confirmar la causa de la enfermedad. Se apoya en técnicas de microscopía, cultivo en medios líquidos de micobacterias y amplificación genética en casos de alta sospecha. Es esencial verificar siempre los cultivos positivos, ya que se ha observado un aumento reciente de micobacterias distintas a la tuberculosis, que requieren tratamientos diferentes. La comprensión de la microbiología e inmunología es crucial en la lucha contra la tuberculosis (TB). Los métodos diagnósticos tradicionales, como la búsqueda de bacilos y cultivos, presentan limitaciones.

La ausencia de bacilos acido alcoholes resistentes en algunos pacientes con TB puede atribuirse a posibles fallos en la realización del examen o a una baja concentración de bacilos, dificultando su detección mediante tinciones convencionales. La tuberculosis, al presentarse en diversas formas clínicas, a veces exhibe una carga bacteriana reducida, afectando la visualización de bacilos en la muestra. En estas situaciones, técnicas más sensibles, como el cultivo bacteriano, pruebas moleculares o la prueba de Mantoux (PPD), pueden ser necesarias para confirmar la presencia de Mycobacterium.

Además, se han mostrado nuevas técnicas, como el sistema BACTEC, que reducen el tiempo de cultivo de M. tuberculosis de semanas a días, mientras que la PCR amplifica el ADN, detectando muestras positivas en horas. Estas herramientas demuestran alta sensibilidad y especificidad, especialmente beneficiando a pacientes con VIH, diabetes y trasplantes. Estos avances aceleran diagnósticos precisos y oportunos, mejorando el control y tratamiento efectivo de la TB en pacientes con distintas condiciones médicas [6].

El control de la tuberculosis se divide en medidas administrativas, ambientales y de protección personal. En el primer nivel de atención, se enfatiza la búsqueda constante de síntomas respiratorios y se recomienda ventilación adecuada. En hospitales, se sugiere el aislamiento de personas con tuberculosis y evitar la hospitalización siempre que sea posible. En centros de privación de libertad, se destaca la protección con respiradores para quienes estén en contacto con pacientes con TB. A nivel ambiental, se promueve una ventilación adecuada y se recomienda evitar procedimientos que induzcan la tos en pacientes con tuberculosis. Las medidas de protección personal incluyen el uso de mascarillas N95 y la higiene de manos para el personal de salud y familiares que interactúen con pacientes afectados.

5 Conclusión

De una forma grave de tuberculosis que afecta la columna vertebral, causando daños óseos y abscesos en la médula espinal. A lo largo de la historia, ha sido una preocupación persistente en áreas con alta incidencia de tuberculosis. Los síntomas son insidiosos e incluyen sintomatología difusa. Por lo cual, el diagnóstico diferencial debe incluir otras etiologías infecciosas como la actinomicosis y varios tipos de cáncer con metástasis incluidos el mieloma múltiple, linfomas, cáncer de mama, recto y pulmón. Sin embargo, el curso natural de la enfermedad conlleva al dolor de espalda, debilidad progresiva en las extremidades y riesgo de parálisis debido a la compresión de la médula espinal.

El diagnóstico temprano es crucial, pero es difícil debido a la rareza de la enfermedad y a la complejidad en los métodos de diagnóstico. La baciloscopia, aunque presenta una elevada especificidad, el estado clínico del paciente, la calidad de las muestras y condiciones inadecuadas de su procesamiento pueden reducir la sensibilidad de esta técnica. Por lo cual, es crucial el uso de otras técnicas diagnósticas ante una elevada sospecha clínica de infección por Micobacterias.

El tratamiento implica regímenes prolongados de antibióticos específicos para la tuberculosis y, en ocasiones, intervenciones quirúrgicas para corregir deformidades espinales o aliviar la presión en la médula.

La detección temprana, el tratamiento oportuno, la colaboración entre sectores y la implementación de medidas de protección personal y ambiental son fundamentales para combatir esta forma grave de tuberculosis. Se promueve mejorar las condiciones de vida, la nutrición, la higiene y el ambiente para reducir la incidencia y mejorar la calidad de vida de los afectados.

El 24 de marzo en Ecuador se conmemora el día mundial de la tuberculosis, así que el ministro de salud pública del Ecuador José Rúales menciono que es crucial manejar los factores sociales que afectan la mortalidad por tuberculosis para reducir esta enfermedad. Esto incluye mejorar las condiciones de vivienda, la nutrición, la higiene

y el ambiente. El gobierno impulsa la Estrategia Nacional de Prevención y Control de la Tuberculosis en Ecuador, ofreciendo diagnóstico y tratamiento gratuito y oportuno para toda la población.

La tuberculosis representa un desafío importante en salud pública en la región. Los países han implementado la Estrategia Fin de la TB desde 2016, enfocándose en el paciente, brindando atención integral y colaborando entre sectores y la comunidad para acelerar la respuesta y mejorar la calidad de los servicios de salud. Para concluir, el ministro Rúales destacó la importancia crucial de la colaboración entre los equipos de salud, las organizaciones y la población para alcanzar la erradicación de la tuberculosis. Afirmó que, a través del desarrollo de este taller, se podrá crear una estrategia práctica, real y sostenible, adaptable a las diversas comunidades de Ecuador.

Referencias

[1] A. Batirel, H. Erdem, G. Sengoz, F. Pehlivanoglu, E. Ramosaco, S. Gülsün, R. Tekin, B. Mete, I. Balkan, and D. Sevgi, "The course of spinal tuberculosis (Pott disease): results of the multinational, multicentre Backbone-2 study," *Clinical Microbiology and Infection,* vol. 21, no. 11, pp. 1008. e9-1008. e18, 2015.

[2] M. Turgut, "Spinal tuberculosis (Pott's disease): its clinical presentation, surgical management, and outcome. A survey study on 694 patients," *Neurosurgical review,* vol. 24, pp. 8-13, 2001.

[3] P. Joy, J. S. Thomas, R. Renuka, and E. Abraham, "Review on Pott's Disease," *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, pp. 84-90, 2018.

[4] G. E. Chamorro Oña, "Riesgos biológicos en trabajadores de recolección de desechos sólidos del Municipio de Espejo," 2023.

[5] J. K. Romero-Ortiz, and T. B. Galindo-Banegas, "Reporte de caso clínico y revisión de la literatura: tuberculosis pulmonar asociado a neumonía por pseudomonas aeruginosa," *MQRInvestigar,* vol. 7, no. 3, pp. 3028-3050, 2023.

[6] G. E. Ruperti-Macias, and J. C. Cañarte-Vélez, "Baciloscopias para el diagnóstico de Tuberculosis Pulmonar en pacientes atendidos en el Laboratorio Clínico de Loreto, 2022," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 1, pp. 201-214, 2024.

[7] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[8] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[9] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[10] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[11] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[12] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[13] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[14] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[15] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[16] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[17] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[18] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[19] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[20] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[21] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[22] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[23] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[24] J. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 8, no. 1, pp. 1-14, 2015.

[25] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[26] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[27] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[28] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[29] S. M. Tuli, "Historical aspects of Pott's disease (spinal tuberculosis) management," *European Spine Journal,* vol. 22, pp. 529-538, 2013.

[30] S. Ansari, M. F. Amanullah, K. Ahmad, and R. K. Rauniyar, "Pott's spine: diagnostic imaging modalities and technology advancements," *North American journal of medical sciences,* vol. 5, no. 7, pp. 404, 2013.

Recibido: noviembre 13, 2024. Aceptado: diciembre 01, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método Neutrosófico multicriterio para estimar el shock séptico de origen pulmonar por streptococcus pneumoniae.

Multicriteria neutrosophic method for estimating streptococcus pneumoniae septic shock of pulmonary origin.

Segundo Moisés San Lucas Coque[1], Steeven Alexander Cuno Pérez[2], and Cristopher René Guerrero Rea[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.segundolucas@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. steevencp53@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. cristophergr68@uniandes.edu.ec

Resumen. La sepsis es un síndrome clínico grave que resulta de una respuesta inmune desregulada a infecciones, siendo la infección pulmonar por *Streptococcus pneumoniae* un desencadenante común. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico multicriterio que permita estimar el riesgo de shock séptico en pacientes con sepsis pulmonar causada por esta bacteria. Mediante un enfoque integrador, se busca analizar criterios clínicos, laboratoriales y epidemiológicos relevantes, enfatizando la importancia de la prevención, el reconocimiento temprano y un tratamiento adecuado. La caracterización precisa de estos aspectos es esencial para mejorar los resultados clínicos y reducir la mortalidad asociada a esta condición. El método propuesto combinará relaciones neutrosóficas para abordar la incertidumbre y la imprecisión inherentes en los datos clínicos, facilitando una evaluación integral del riesgo de shock séptico. A través de este enfoque, se espera no solo identificar a los pacientes en riesgo de deterioro, sino también contribuir al desarrollo de protocolos de manejo más eficaces y personalizados. La investigación se centra en la creación de herramientas que capaciten a los profesionales de la salud para actuar de manera más efectiva en la identificación y manejo de la sepsis pulmonar, promoviendo así una respuesta oportuna y una mejor calidad de atención en este contexto crítico.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterios, sepsis; *Streptococcus pneumoniae*; fibrosis pulmonar; resistencia bacteriana; leucocitosis.

Abstract. Sepsis is a severe clinical syndrome resulting from a dysregulated immune response to infections, with Streptococcus pneumoniae pulmonary infection being a common trigger. This study aims to develop a multicriteria Neutrosophic Method to estimate the risk of septic shock in patients with pulmonary sepsis caused by this bacterium. Using an integrative approach, we seek to analyze relevant clinical, laboratory, and epidemiological criteria, emphasizing the importance of prevention, early recognition, and adequate treatment. Accurate characterization of these aspects is essential to improve clinical outcomes and reduce mortality associated with this condition. The proposed method will combine neutrosophic ratios to address the uncertainty and imprecision inherent in clinical data, facilitating a comprehensive assessment of the risk of septic shock. Through this approach, it is expected not only to identify patients at risk of deterioration, but also to contribute to the development of more effective and personalized management protocols. The research focuses on the creation of tools that train health professionals to act more effectively in the identification and management of pulmonary sepsis, thus promoting a timely response and better quality of care in this critical context.

Keywords. multicriteria neutrosophic method, sepsis; Streptococcus pneumoniae; pulmonary fibrosis; bacterial resistance; leukocytosis.

1 Introducción

La sepsis síndrome clínico potencialmente mortal, que se presenta como una exacerbación de la respuesta inmune causada por una infección o traumatismo que involucra tanto al sistema inmunitario innato como al

adaptativo, desencadenando eventos inflamatorios que activan diferentes vías, lo que conduce al daño tisular y, en última instancia, a la insuficiencia multiorgánica [1].

Una respuesta inflamatoria incontrolada causada por una condición séptica genera la liberación de varias citoquinas y algunos mediadores inflamatorios, lo que, directa o indirectamente ocasiona lesiones en las células endoteliales y epiteliales de los capilares pulmonares, provocando una lesión pulmonar aguda (ALI), resultando así en el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) [2].

Generalmente, se presenta un mayor índice en adultos mayores, evidenciándose una tasa de mortalidad de 24,3 al 60,0 % incluso en países desarrollados, por lo que puede presentar varias etiologías, una de ellas la infección bacteriana, siendo el pulmón (67,4%), sitio primario de infección, seguido del abdomen (20%) [3].

Por otro lado, se ha descrito 793 cepas de *Streptococcus Pneumoniae*, generando diagnóstico de neumonía (37,6%), meningitis (26%) y sepsis (24%), en donde la mortalidad por sepsis de origen pulmonar corresponde al 18,5% con una puntuación alta de SOFA y APACHE II, evidenciándose predominio en el sexo masculino (58%) en relación al sexo femenino (42%) [4].

Es importante destacar que la sepsis de foco pulmonar es una emergencia sanitaria de gran envergadura, requiriendo una atención oportuna con la administración rápida y correcta de antibióticos y otras medidas de soporte, pues su problema, es la alta tasa de mortalidad que puede oscilar entre el 15% al 30%, de los enfermos [5].

Streptococcus pneumoniae fue aislado por primera vez en 1881 por Friedländer a partir del esputo de usuarios con neumonía, estableciendo datos importantes en la comprensión de las enfermedades respiratorias y registrando información para futuras investigaciones sobre la bacteria y su relación con diversas infecciones pulmonares [6].

Esta bacteria es un coco grampositivo, encapsulado, de pared celular gruesa, que se presenta en forma ovalada, diplococos o en cadenas cortas, con un diámetro entre 0,5 a 1,2 µm, con variabilidad morfológica en colonias pasando de cepas encapsuladas grandes a pequeñas y aplanadas, presentando más de 90 serotipos basados en las diferencias en los polisacáridos de la cápsula [7].

El objetivo de la presente investigación es el desarrollo de un Método Neutrosófico multicriterio para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información. La figura 1 muestra un esquema general del método propuesto.

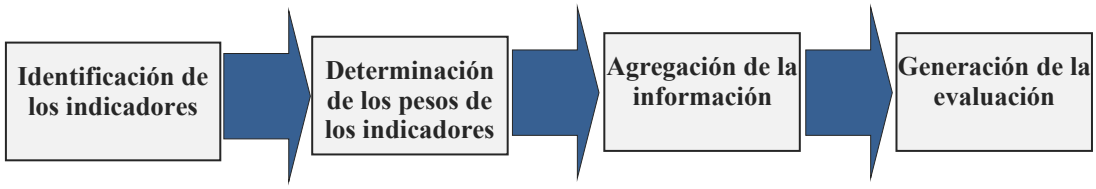

Figura 1: Esquema general del método propuesto.

El método propuesto está diseñado para servir de apoyo al diagnóstico del shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde a partir de indicadores evaluativos se definen la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones, como parámetro de salida del método. El proceso para para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*, está formado por cuatro actividades básicas, tal como se describe a continuación:

Actividad 1 definición de los indicadores evaluativos:

La actividad de determinación de los indicadores evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los indicadores evaluativos para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*, a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso. Se recomienda convocar y reunir entre 5 y 11 expertos como parte de un equipo multidisciplinario que participen en el proceso.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores:

A partir de los indicadores obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea la utilización de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de las informaciones:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [8, 9].

Definición 1: Operador T-norma. Un operador T: $[0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{x})$.
2. Asociativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{T}(\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}),Z)$.
3. Monótono creciente $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) > T(x,y)$ si $x \geq \mathrm{x}' \cap \mathrm{y} \geq \mathrm{y}'$.
4. Elemento neutro $\mathrm{T}(\mathrm{x},1) = \mathrm{x}$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado [10-13] .

Definición 2: Operador OWA. Una función $F: R^n \rightarrow \mathrm{R}$, es un operador OWA de dimensión *n* si tiene un vector asociado W de dimensión *n* tal que sus componentes satisfagan [14]:

1) $\mathrm{W_j} \in [0,1]$,
2) $\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j} = 1$, y
3) $\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2},,,\mathrm{a_n}) = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j b_j}$

Donde $\mathrm{b_j}$ es el J-ésimo más grande de los $\mathrm{a_j}$.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2}..\mathrm{a_n}) = \mathrm{W^t B} \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [15, 16]:

Sean

$N = \{(T,I,F) : T,I,F \subseteq [0,1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [17-19]:

$$v\,(p) = (T,I,F) \quad (2)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2}..\mathrm{a_n}) = \mathrm{W_{(T,I,F)}}^{\mathrm{t}}\mathrm{B_{(T,I,F)}} \quad (3)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [20-22]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [23].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso, representan las informaciones la salida del método que estima el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae.*

3 Resultados y discusión

Método Neutrosófico multicriterio para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*, se tomó como referencia el siguiente caso cínico:

Se presenta el caso de una mujer de 72 años, con antecedentes de artrosis en tratamiento con prednisona 2.5 mg/QD; hospitalización a UCI por COVID hace 2 años; hospitalización por neumonía hace 1 año y exposición al humo de leña desde la infancia.

Dos semanas previo a la consulta, inicia un cuadro caracterizado por tos productiva con expectoración blanquecina de 2 semanas de evolución, automedicándose con amoxicilina con aparente mejoría, no obstante, hace 72 horas se exacerba y se acompaña de alza térmica no cuantificada y disnea de medianos esfuerzos por lo que acude a la unidad de salud.

A continuación se describen los principales elementos del método implementado

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Para determinar los criterios evaluativos del Método Neutrosófico multicriterio destinado a estimar el shock séptico de origen pulmonar por *Streptococcus pneumoniae*, se convocó a un equipo multidisciplinario de siete expertos. Este equipo está conformado por profesionales con experiencia en distintas áreas relevantes: dos médicos intensivistas, un neumólogo, un infectólogo, un médico internista, un farmacólogo y un epidemiólogo. Los criterios de inclusión para los expertos fueron: poseer al menos cinco años de experiencia en el manejo de pacientes con sepsis, contar con publicaciones recientes en revistas científicas relacionadas con la sepsis pulmonar, y demostrar una sólida formación académica en sus respectivas especialidades. La colaboración de estos profesionales asegura una evaluación exhaustiva y fundamentada en diversas perspectivas clínicas y científicas. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Indicadores evaluativos.

Criterios	Descripción
C_1	Disfunción Orgánica: Evaluar el deterioro funcional de órganos, como la disminución de la presión arterial, alteraciones en la frecuencia cardíaca y en la función respiratoria, siguiendo los criterios de las guías sobre disfunción orgánica.
C_2	Marcadores Biomoleculares: Analizar niveles elevados de marcadores como la procalcitonina y la proteína C-reactiva, que indican una respuesta inflamatoria sistémica y pueden correlacionarse con la gravedad de la infección.
C_3	Hallazgos Radiológicos: Considerar la presencia de infiltrados pulmonares en las radiografías o tomografías computarizadas que evidencien neumonía causada por Streptococcus pneumoniae.
C_4	Historia Clínica: Recopilar información sobre la historia clínica del paciente, incluyendo síntomas como fiebre, escalofríos, tos productiva y antecedentes de enfermedades respiratorias previas, que faciliten el diagnóstico de neumonía.
C_5	Respuesta al Tratamiento Inicial: Evaluar la respuesta del paciente a la terapia inicial con antibióticos y soporte hemodinámico, mediante la monitorización de parámetros clínicos y hemodinámicos.

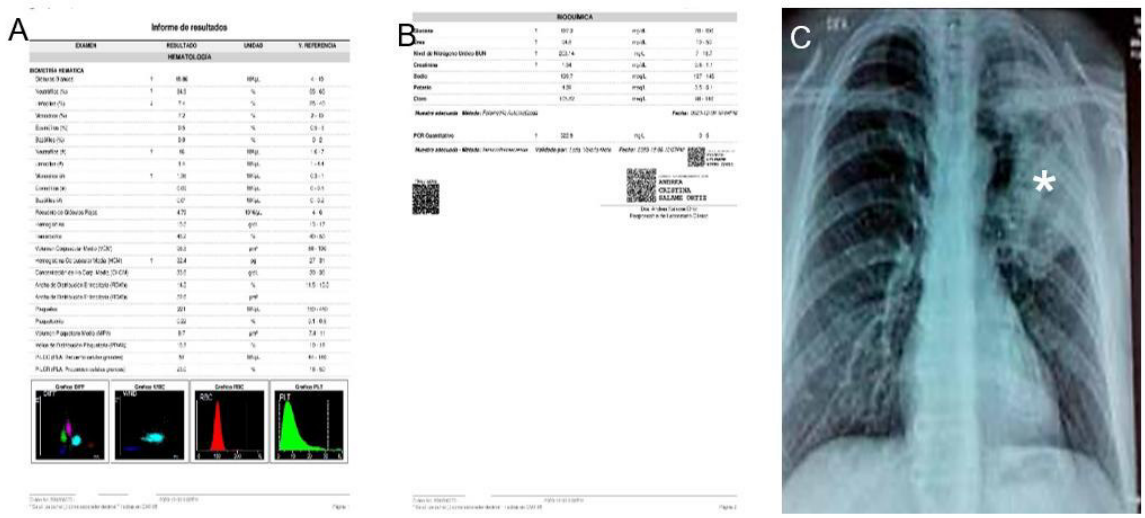

Figura 2. Imágenes de exámenes complementarios.

Al examen físico se presenta orientado, consciente, con signos vitales: TA (93/63mmHg); FC (86 lpm); Tº(37.8 ºC); FR (30 rpm); SO_2 (77%); murmullo vesicular disminuido y crepitantes en bases pulmonares bilaterales.

En los exámenes de laboratorio se identifica leucocitosis, neutrofilia y PCR elevado, además de exámenes de imagen evidenciándose un patrón fibrótico por lo que se inicia antibioticoterapia (ceftriaxona 1g) y apoyo de oxígeno (Figuras 2A,2B y 2C).

En la figura (A) se evidencia leucocitosis (↑18.86), neutrofilia (↑84.9), linfocitopenia (↓7.4); (B) presentándose uremia (↑94.8), BUN (↑203.14) y PCR Cuantitativo elevado (↑322.9); (C) patrón fibrótico marcado con *; (D) presencia de desaturación con O_2 SATest. ((↓87.9), FO_2HB (↓83.3); (E) Antígenos SARS-CoV-2Ag Negativo; (F) Baciloscopia en esputo (1ª muestra) Negativa.

Posterior a la identificación del patrón fibrótico, se realiza una gasometría donde se presencia una desaturación administrándose 3 litros de oxígeno para alcanzar una SO_2 del 97% con una FIO_2 28%; en donde se recolecta muestra para la identificación del patógeno, dando negativo a la primera Baciloscopia en esputo para la detección *Mycobacterium tuberculosis*, por lo que se realiza una prueba de Antígenos *SARS-CoV-2Ag* resultando nuevamente negativo (Figuras 3D,3E y 3F) .

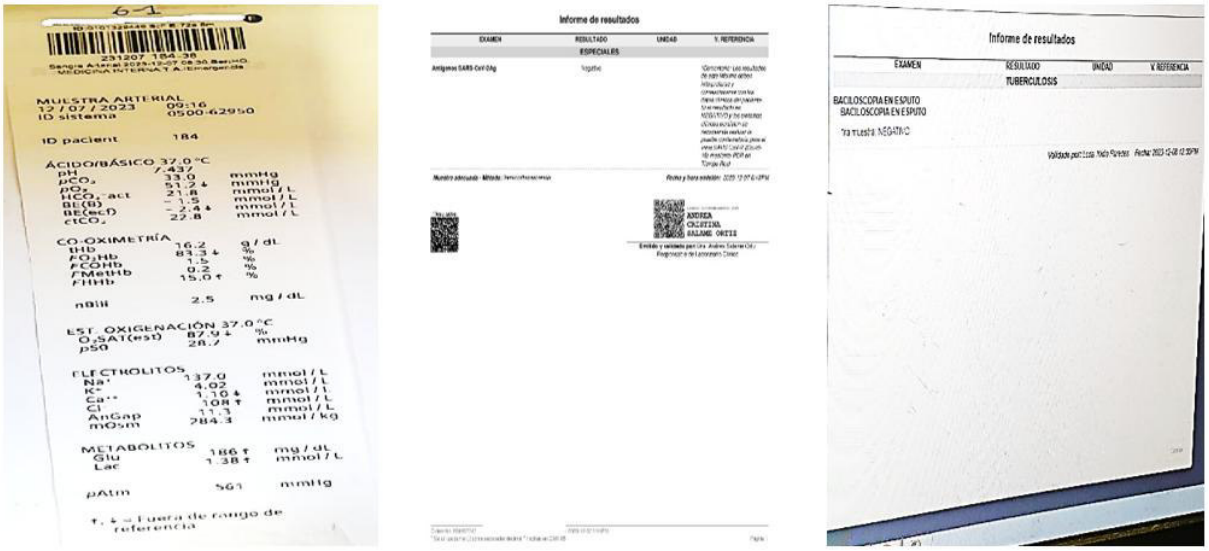

Figura 3. Imágenes de exámenes complementarios II.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto y tomando como referencia los resultados obtenidos hasta el momento, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. En el proceso participó el equipo multidisciplinario, los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada criterio. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los criterios.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[1, 0.10,0.15]
C_2	[0.80, 0.25,0.20]
C_3	[0.9, 0.15,0.10]
C_4	[0.9, 0.25,0.10]
C_5	[1, 0.10,0.15]

Actividad 3 agregación de las informaciones:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los criterios y las preferecias obtenidas de del caso clínico, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[1, 0.10,0.15]	[1, 0.10,0.15]	[1, 0.10,0.15]
C_2	[0.80, 0.25,0.20]	[0.75, 0.10,0.10]	[0.77, 0.10,0.10]
C_3	[0.9, 0.15,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[0,95, 0.10,0.15]
C_4	[0.9, 0.25,0.10]	[0.75, 0.10,0.10]	[0,82, 0.10,0.15]
C_5	[1, 0.10,0.15]	[0.75, 0.10,0.10]	[0,87, 0.10,0.15]
Index			[0,88, 0.10,0.15]

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

A partir del análisis referido de los datos de la tabla 3 se genera la evaluación donde se identifica que el índice de estimación de shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae* es de un 0.88, representando un alto índice para el caso objeto de estudio.

A los 2 días de hospitalización, el cuadro clínico empeora con sepsis, administrándole tratamiento de amplio espectro iniciando con Vancomicina 1000 mg IV/12h, teniendo una evolución favorable y posteriormente confirmándose *Streptococcus Pneumoniae* en cultivo de muestra de esputo el cual presento resistencia a la ceftriaxona, corroborándose el fallo terapéutico inicial. Este resultado coincidió con el resultado arrojado por el Método Neutrosófico multicriterio implementado.

Tras una semana de ingreso la paciente presento mejoría en el cuadro clínico disminuyendo el alza termina (37,3 °C), PA siendo de 119/73 mmHg, con una FC 90 latidos por minutos, la FR de 33 y finalmente con una saturación de oxígeno del 95% a 3 litros, evidenciándose su compensación en gasometría.

4 Discusiones

En el caso clínico presentado en esta investigación, se identificó la presencia de Streptococcus pneumoniae, un neumococo que afecta a personas de todas las edades, tanto sanas como inmunocomprometidas, con mayor prevalencia en grupos de riesgo, como niños menores de 2 años y adultos mayores de 65 años, así como en individuos con condiciones médicas subyacentes.

Otra característica de la infección neumocócica es la movilización de células inflamatorias hacia el foco de la infección, mediada por el ácido teicoico neumocócico, fragmentos de peptidoglucano y neumolisina. A través de la fosforilcolina presente en la pared celular bacteriana, estas células se unen a los receptores del factor activador de plaquetas, ingresan a las células huésped y se diseminan a zonas restringidas, incluyendo la sangre y el sistema nervioso central.

Streptococcus pneumoniae generalmente causa infecciones en el tracto respiratorio, como neumonía, sinusitis y otitis media. Sin embargo, puede diseminarse desde los pulmones a través del torrente sanguíneo, afectando todo el cuerpo y dando lugar a la sepsis. Este organismo se encuentra como un comensal en hasta el 20% de la población general; en pacientes con asma o EPOC, representa el 40% de los ingresos hospitalarios por neumonía, de los cuales el 10% tiende a generar complicaciones, como sepsis, siendo un factor relevante la resistencia antibiótica en el 35% de las cepas.

La bacteria es ubicua y coloniza naturalmente la nasofaringe de manera asintomática, transmitiéndose por diseminación endógena desde áreas colonizadas hasta regiones distantes, inoculándose mediante gotículas expulsadas al toser, estornudar o hablar. En el caso estudiado, sin embargo, las características del paciente, su edad avanzada y la falta de respuesta al tratamiento empírico condujeron a complicaciones significativas.

La sepsis puede aparecer tras la diseminación en la sangre, con una tasa de 25 a 30% en pacientes con neumonía neumocócica, y más del 80% en usuarios con meningitis, pudiendo desencadenar endocarditis con destrucción del tejido valvular. En este caso, la sepsis se manifestó a través de complicaciones en el cuadro clínico de neumonía, sumadas a un fracaso en el tratamiento inicial, lo cual se evidenció en un hemograma que mostró leucocitosis con desviación a la derecha a pesar del tratamiento. También se observó una disminución en la oxigenación, como se comprobó en una gasometría, complicando el estado del paciente e incrementando su riesgo de mortalidad, que se documenta entre el 20 y el 40% en la población de riesgo.

El cuadro clínico se caracterizó por fiebre e hipotermia, taquicardia, taquipnea, confusión, hipotensión, disnea, dolor pleural y tos con expectoración. Estas manifestaciones suelen estar exacerbadas en pacientes con comorbilidades, como fibrosis quística, e inmunodeprimidos, como los adultos mayores, evidenciándose cianosis y otras complicaciones. El fracaso en el tratamiento empírico surgió después de un diagnóstico presuntivo de neumonía, al brindar un tratamiento inicial con amoxicilina (1g), que no resultó en mejoría del paciente, lo que llevó al desarrollo de la sepsis. Posteriormente, se optó por un tratamiento de amplio espectro, respaldado por los resultados de cultivo y antibiograma que confirmaron la resistencia de *Streptococcus pneumoniae* a las penicilinas.

Las cepas virulentas del neumococo se encuentran recubiertas de una capa de polisacáridos compleja, variando sus serotipos capsulares mediante recombinación genómica y mutaciones puntuales en los genes capsulares,

además, está conformado de ácido teicoico, donde las cadenas de oligopéptidos se encuentran entrelazadas por N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico, generando resistencia antibiótica [24].

En cuanto al diagnóstico de laboratorio para identificar *Streptococcus pneumoniae*, se puede emplear diversos métodos que incluyen microscopia, pruebas de cultivo, técnicas de identificación bioquímica o incluso pruebas moleculares [25].

En la microscopia se identifican diplococos grampositivos cercados de una cápsula no teñida; sin embargo, se pueden observar cómo bacterias gramnegativas en cultivos antiguos [26]. El cultivo se realiza a partir de muestras clínicas, como esputo, sangre, LCR y líquido pleural en el agar sanguíneo identificándose colonias de contorno verde a causa de la hemólisis por bacterias α-hemolíticos, con sensibilidad a la optoquina . En cuanto a las Pruebas Bioquímicas, se puede emplear la Detección de antígenos por inmunoanálisis debido a que el polisacárido C del neumococo se excreta en la orina (sensibilidad del 70%) [7]. También, las pruebas moleculares por PCR para la detección específica de material genético presentan una elevada sensibilidad y especificidad, aunque su uso puede estar limitado por los recursos económicos y personal capacitado según la zona geográfica. No obstante, la serotipificación puede ser considerado un aliado estratégico importante para el seguimiento epidemiológico de los serotipos presentes en casos excepcionales de sepsis por neumococo [27].

El microorganismo es nutricionalmente exigente, pues solo crece en medios sanguíneos, donde, todas las colonias experimentan un proceso de autólisis con el paso del tiempo, generando una disolución en la porción central de la colonia apareciendo como β-hemolíticas en condiciones anaerobias y α-hemolíticas en atmósfera aerobia con producción de neumolisina, una enzima que degrada la hemoglobina y genera un producto verde [28].

Para el tratamiento de neumococo hay que tomar en cuenta su resistencia a las penicilinas, macrólidos (eritromicina), tetraciclinas y, en menor grado cefalosporinas (ceftriaxona), por ello, es recomendable la combinación de antibióticos hasta disponer de antibiograma, como vancomicina + ceftriaxona, seguida de monoterapia con cefalosporina, fluoroquinolona o vancomicina [29].

5 Conclusión

Las infecciones por *Streptococcus pneumoniae* tienen un impacto significativo en la salud pública, contribuyendo a la morbilidad y mortalidad, pues este se propaga por goticulas colonizando principalmente la nasofaringe y con la capacidad de diseminarse generando infecciones respiratorias y sistémicas.

Existe un alto riesgo de generar sepsis de origen pulmonar, especialmente en población de riesgo, que puede conllevar a un daño orgánico múltiple y la muerte, por lo que la prevención, reconocimiento temprano y tratamiento adecuado son fundamentales para mejorar el pronóstico del paciente.

El tratamiento empírico empleado debe ser de amplio espectro y en combinación sinérgica, debido a que muchas cepas tienden a tener una alta resistencia bacteriana, además, la inmunización como prevención mediante programas de vacunación, especialmente en niños, ha tenido un impacto positivo en la reducción de las infecciones por neumococo.

Referencias

[1] M. Mohsin, G. Tabassum, S. Ahmad, S. Ali, and M. A. Syed, "The role of mitophagy in pulmonary sepsis," *Mitochondrion,* vol. 59, pp. 63-75, 2021.

[2] Y. Li, H.-L. Xu, X.-W. Kang, S. Xu, and Z.-F. Mou, "MiR-2113 overexpression attenuates sepsis-induced acute pulmonary dysfunction, inflammation and fibrosis by inhibition of HMGB1," *Heliyon,* vol. 10, no. 2, 2024.

[3] L. Xiao, X. Ran, Y. Zhong, Y. Le, and S. Li, "A combined ratio change of inflammatory biomarkers at 72 h could predict the severity and prognosis of sepsis from pulmonary infections," *Immunobiology,* vol. 227, no. 6, pp. 152290, 2022.

[4] G. Villar, G. Benítez, J. Villalba, and D. Almirón, "Invasive disease by Streptococcus pneumoniae, in adult patients. Period 2016 to 2018," *Revista del Instituto de Medicina Tropical,* vol. 17, no. 2, pp. 37-43, 2022.

[5] S. Zhang, Y. Liu, X.-L. Zhang, Y. Sun, and Z.-H. Lu, "ANKRD22 aggravates sepsis-induced ARDS and promotes pulmonary M1 macrophage polarization," *Journal of Translational Autoimmunity,* vol. 8, pp. 100228, 2024.

[6] P. Shukla, *Applied Microbiology and Bioengineering: An Interdisciplinary Approach*: Academic Press, 2018.

[7] H. H. Chandpa, A. K. Panda, C. L. Meena, and J. Meena, "Beyond the polysaccharide and glycoconjugate vaccines for Streptococcus pneumoniae: Does protein/peptide nanovaccines hold promises?," *Vaccine*, 2023.

[8] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[9] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[10] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[11] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[12] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[13] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[14] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[15] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[16] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[17] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[18] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[19] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[20] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[21] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[22] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[23] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[24] J.-L. Wang, C.-C. Lai, W.-C. Ko, and P.-R. Hsueh, "Global trends in non-susceptibility rates of Streptococcus pneumoniae isolates to ceftriaxone: Data from the antimicrobial testing leadership and surveillance (ATLAS) programme, 2016–21," *International journal of antimicrobial agents,* vol. 63, no. 2, pp. 107072, 2024.

[25] M. Nahian, M. Shahab, L. Mazumder, J. I. N. Oliveira, T. A. Banu, M. H. Sarkar, B. Goswami, A. Habib, S. Begum, and S. Akter, "In silico design of an epitope-based vaccine against PspC in Streptococcus pneumoniae using reverse vaccinology," *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology,* vol. 21, no. 1, pp. 166, 2023.

[26] Y. Zou, H. Wang, J. Fang, H. Sun, X. Deng, J. Wang, Y. Deng, and G. Chi, "Isorhamnetin as a novel inhibitor of pneumolysin against Streptococcus pneumoniae infection in vivo/in vitro," *Microbial Pathogenesis,* vol. 185, pp. 106382, 2023.

[27] M. Macías-Parra, M. Rojas-Maruri, and C. Ridaura-Sanz, "Síndrome urémico hemolítico atípico fulminante asociado con neumonía por Streptococcus pneumoniae complicada," *Acta pediátrica de México,* vol. 35, no. 5, pp. 402-410, 2014.

[28] N. Verma, P. Gupta, A. Pandey, and S. Awasthi, "Nasopharyngeal carriage of Streptococcus pneumoniae serotypes among sick and healthy children in northern India: A case-control study," *Vaccine,* vol. 41, no. 44, pp. 6619-6624, 2023.

[29] S. Syed, L. Viazmina, R. Mager, S. Meri, and K. Haapasalo, "Streptococci and the complement system: interplay during infection, inflammation and autoimmunity," *FEBS letters,* vol. 594, no. 16, pp. 2570-2585, 2020.

Recibido: noviembre 13, 2024. Aceptado: diciembre 02, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica para el diagnóstico de la Leucemia Viral Felina.

Neutrosophic evaluation for the diagnosis of Feline Viral Leukemia.

Pamela Alejandra Paredes Carvajal[1], Jaine Labrada Ching[2], and Nathali Maite Villagrán Veloz[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato. Ecuador. ua.docentepapc@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato. Ecuador. ua.jainelc87@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato. Ecuador. nathalivv86@uniandes.edu.ec

Resumen. El gato doméstico ha sido un compañero invaluable para la humanidad, lo que hace imperativo entender las enfermedades que pueden afectarlos. La Leucemia Viral Felina (ViLeF) es una de las patologías más comunes en la práctica veterinaria y una de las principales causas de mortalidad en felinos, lo que subraya su impacto significativo en la salud de los gatos. Con el creciente número de personas que adoptan gatos como mascotas, se ha incrementado la importancia de estudios sobre el ViLeF para prevenir su propagación y mejorar la atención veterinaria. Este virus se relaciona estrechamente con el desarrollo de linfomas y es responsable de una variedad de síndromes clínicos en los gatos, superando a otros agentes infecciosos únicos en cuanto a su diversidad de efectos. Investigaciones previas en Ecuador han indicado prevalencias superiores al 50% en gatos domésticos, destacando factores como género, edad, estilo de vida y ubicación geográfica como variables relevantes. Por lo tanto, este estudio se propone desarrollar una Evaluación Neutrosófica que permita un diagnóstico más preciso y exhaustivo de la Leucemia Viral Felina. La evaluación neutrosófica constituye una herramienta valiosa para veterinarios y estudiantes de medicina veterinaria, facilitando un entendimiento más completo de la fisiopatología del virus y sus síndromes asociados, así como de las estrategias más efectivas para su tratamiento y prevención.

Palabras Claves: método neutrosófico, prevalencia, gatos, linfoma, leucemia felina.

Abstract. The domestic cat has been an invaluable companion to humanity, making it imperative to understand the diseases that can affect them. Feline Viral Leukemia (FVL) is one of the most common pathologies in veterinary practice and one of the main causes of mortality in felines, which underlines its significant impact on cat health. With the increasing number of people adopting cats as pets, the importance of studies on FVL to prevent its spread and improve veterinary care has increased. This virus is closely related to the development of lymphomas and is responsible for a variety of clinical syndromes in cats, surpassing other unique infectious agents in terms of its diversity of effects. Previous research in Ecuador has indicated prevalences higher than 50% in domestic cats, highlighting factors such as gender, age, lifestyle and geographic location as relevant variables. Therefore, this study aims to develop a Neutrosophic Evaluation that allows a more precise and exhaustive diagnosis of Feline Viral Leukemia. Neutrosophic testing is a valuable tool for veterinarians and veterinary medicine students, facilitating a more complete understanding of the pathophysiology of the virus and its associated syndromes, as well as the most effective strategies for its treatment and prevention.

Keywords: neutrosophic method, prevalence, cats, lymphoma, feline leukemia

1 Introducción

La Leucemia Viral Felina es una enfermedad que a lo largo del tiempo ha sido de gran importancia dentro de la medicina felina ya que su incidencia es muy alta, de igual manera su forma de contagio es tan fácil que la mayoría de gatos que tienen una vida outdoor poseen un factor mayor de contagio [1]. Las infecciones por FeLV causan enfermedad grave en los gatos al dañar el sistema inmunitario y causar tumores malignos. El virus se transmite tanto horizontal como verticalmente, por ende, la incidencia de la enfermedad puede aumentar significativamente en el futuro [2].

El Virus de la Inmunodeficiencia Felina, es un virus lábil en el ambiente que se inactiva de manera sencilla al

entrar en contacto con varios desinfectantes, actualmente existen tres diferentes subtipos de ViLef A, B y C, existiendo también un cuarto grupo asociado a linfocitos T, y cada uno de estos utiliza un receptor diferente para ingresar a las células del hospedador [3]. Cabe recalcar que el subtipo B y C son más patógenos que el subtipo A, pero solo el subtipo A se transmite de gato a gato el cual puede provocar neoplasias hematopoyeticas, por eso las vacunas solo tiene protección contra este subtipo y el resto de subtipos solo son mutaciones del subtipo A que ocurren en individuos previamente infectados [1].

El ViLef puede encontrarse en saliva, sangre, suero y plasma, y se transmite principalmente mediante la inoculación del virus presente en saliva, a través de mordeduras, acicalamiento e incluso por compartir bebederos. Al ser una enfermedad con presentación clínica muy diversa, está asociada a gatos que presentan linfomas o varios síndromes clínicos asociados a cambios en las líneas sanguíneas generando leucemias al ser una consecuencia directa del efecto del virus sobre la medula ósea. Dentro de los principales síntomas más frecuentes esta la presencia de fiebre, anemia no regenerativa, anorexia, mucosas pálidas, adelgazamiento y fatiga [4].

Por ser un virus de fácil transmisión, su propagación es de distribución mundial, si bien la frecuencia de contagio varía según la ubicación geográfica, la población felina examinada y la prueba diagnóstica usada, se conoce que la población más susceptible son gatos machos de entre 1 y 6 años que tienen acceso al exterior. Una vez que se da el contagio el virus tiene una replicación inicial a nivel de orofaringe y se propaga a lo largo del organismo hasta alcanzar medula ósea, depende mucho del sistema inmune del animal el momento del contagio para que la infección pueda ocurrir no, algunos gatos expuestos al virus pueden eliminar la infección de manera abortiva, mientras que en otros casos la infección progresa hacia la enfermedad clínica y la persistencia de la viremia [5].

Por lo señalado anteriormente, esta investigación tiene como objetivo desarrollar una evaluación neutrosófica para el diagnóstico de la Leucemia Viral Felina.

2. Evaluación neutrosófica para el diagnóstico de la Leucemia Viral Felina

Para la evaluación sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador, se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Está soportado a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para determinar la incidencia de la Leucemia Viral Felina. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica [6]. El método está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determinan el análisis de la incidencia.

Actividad 1: Identificación los criterios de incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador

Representa el conjunto de criterios que se evalúan para determinar incidencia de la Leucemia Viral Felina en Ecuador. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},\ \mathrm{n} \geq 2$, representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios de incidencia

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios [7]. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, son los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios de incidencia

Actividad 3: Evaluación de los criterios sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica,[8], [9] que constituye un método multicriterio [10-12]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [13]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [14]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [15], [16]. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [17]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [18, 19]. Un número neutrosófico (N) se representa

de la siguiente forma [20, 21]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [22-24]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3. Implementación del método para la evaluación neutrosófica sobre la Leucemia Viral Felina

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para la evaluación sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador.

Actividad 1: Identificación los criterios de incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador

En el presente estudio sobre la Leucemia Viral Felina (ViLeF) en gatos domésticos de Ecuador, se consultó a cinco expertos (E) en medicina veterinaria, cada uno con amplia experiencia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades felinas.

E_1: El primer experto es un veterinario clínico con más de 15 años de experiencia en el manejo de enfermedades infecciosas en gatos, especializado en oncología felina.

E_2: El segundo es un investigador académico con un historial en epidemiología de enfermedades zoonóticas, que ha realizado estudios específicos sobre la prevalencia del ViLeF en distintas regiones de Ecuador.

E_3: La tercera experta es una veterinaria de urgencias que ha atendido numerosos casos de complicaciones asociadas al ViLeF, aportando una perspectiva práctica y clínica.

E_4: El cuarto consultor es un veterinario especializado en diagnóstico por imagen, conocido por su habilidad en identificar cambios patológicos en felinos infectados por virus.

E_5: La quinta experta es una docente de medicina veterinaria, cuyas investigaciones se han centrado en la educación y prevención de enfermedades en felinos.

Los criterios de inclusión para estos expertos incluyeron tener al menos 5 años de experiencia en medicina veterinaria, haber trabajado directamente con gatos domésticos diagnosticados con ViLeF, y haber participado en investigaciones o publicaciones sobre esta enfermedad. Esto garantizó la relevancia y profundidad del conocimiento aportado por cada uno en el estudio. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos para identificar la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador

No	Criterios evaluativos
C_1	Pruebas diagnósticas positivas: Evaluación de los resultados de pruebas serológicas específicas, como la prueba ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*), que detecta la presencia del antígeno del virus en la sangre de los gatos.
C_2	Prevalencia en poblaciones específicas: Análisis de estudios epidemiológicos que identifiquen la prevalencia del ViLeF en diferentes grupos de gatos domésticos, segmentando por factores como raza, edad, género y ubicación geográfica.

No	Criterios evaluativos
C_3	Historia clínica: Revisión de los registros clínicos de gatos diagnosticados con ViLeF, observando factores como síntomas reportados, tratamiento y evolución de la enfermedad, para establecer correlaciones con la incidencia.
C_4	Factores de riesgo: Evaluación de variables asociadas, como el estilo de vida del gato (por ejemplo, si es de interior o exterior), contactos con otros felinos, y vacunación previa, para determinar su impacto en la probabilidad de infección por ViLeF.

Actividad 2: Determinación de los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los indicadores para la evaluación neutrosófica sobre la Leucemia Viral Felina. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para evaluar la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.8,0,15,0.20)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)

Actividad 3: Evaluación de los criterios sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la neutrosofía para la evaluación de los criterios sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Determinación de las preferencias sobre los criterios de incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	Muy buena (MB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	Muy muy buena (MMB)	(0.60,0.35,0.40)
C_4	Medianamente buena (MDB)	(0.8,0,15,0.20)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para la evaluación neutrosófica sobre la incidencia de la ViLeF en gatos domésticos de Ecuador. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación (3).

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.20,0.25,0.25)	(0.50,0.50,0.50)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(0.60,0.35,0.40)	(0.20,0.25,0.25)	(0.40,0.65,0.60)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0,15,0.20)
Inferencia			(0.60,0.15,0.15)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación neutrosófica sobre la incidencia de la ViLeF en los gatos domésticos objeto de estudio, se encuentra valorada como medianamente buena, lo que significa que hay una probabilidad media de infección.

4. Resultados y discusión

La familia Retroviridae abarca una variedad de virus presentes en la naturaleza y que se hallan en una amplia gama de animales, como mamíferos, reptiles, aves y peces. El virus de la leucemia viral felina al ser un retrovirus perteneciente al género Lentivirus posee una enzima característica, la Transcriptasa Inversa o Reversa. Está constituido por una envoltura lipídica que contiene glicoproteínas de superficie, una cápside icosaédrica y un núcleo que contiene el genoma ARN+ [25].

Las infecciones por retrovirus generalmente se encuentran confinadas a una sola especie hospedadora y no suelen cruzar la barrera entre especies, dentro de sus efectos en el hospedador es el ocasionar desde infecciones benignas hasta infecciones lentas con largos periodos de incubación tales como inmunodeficiencias o enfermedades tumorales, que pueden incluso tomar años para producir síntomas [26].

Por otro lado, se han reconocido cinco subtipos del virus de la inmunodeficiencia felina: A, B, C, D y E; de los cuales los subtipos A y B son los más diagnosticados a nivel mundial aun así en Sudamérica se ha encontrado más del subtipo B y E, siendo este último identificado únicamente en Argentina. Debido a su estructura lipídica, es un virus que se inactiva fácilmente en el ambiente y ante contacto con sustancias desinfectantes, además a nivel genómico tiene la característica de poseer un alto ritmo de mutación [5].

Durante las últimas tres décadas, la frecuencia de la infección por el virus de la Leucemia e Inmunodeficiencia Felina (ViLeF) ha experimentado una marcada reducción en Estados Unidos y Europa. Esto se atribuye principalmente a la amplia aplicación de vacunas y al aumento en la detección de animales portadores asintomáticos del virus. En contraste, en América Latina se observa una amplia variación en las prevalencias de la infección, la cual está influenciada por diversos factores como la densidad de población, el tipo de población examinada y la sensibilidad y especificidad de las pruebas utilizadas. En Argentina, se ha registrado una prevalencia del 7,7% con la prueba de inmunocromatografía, mientras que con la PCR se eleva al 11,8% al momento del diagnóstico. En México, la prevalencia es del 7,5% según el kit de SNAP. Por otro lado, Colombia presenta prevalencias de más del 20%, al igual que Chile, donde oscila entre el 11% y el 25% dependiendo de la ciudad estudiada, al igual que Perú, donde varía entre el 13% y el 25%. .

A nivel nacional, se han realizado varios estudios, como uno en la ciudad de Cuenca donde se examinaron 100 gatos domésticos, encontrando una prevalencia del 34%. Por otro lado, en la ciudad de Quito se registró una prevalencia del 20,7% en una muestra de 384 gatos. En contraste, estudios realizados en Guayaquil mostraron prevalencias del 23%, todas ellas consideradas altas dentro de Ecuador [27].

Investigaciones indican que la Leucemia Felina no muestra preferencia por sexo o raza, aunque se observa con mayor frecuencia en machos adultos enteros que tienen acceso al exterior, ya que la transmisión del virus generalmente ocurre a través de la saliva durante peleas territoriales que resultan en mordeduras [25].La concentración del virus en saliva es alta tanto en gatos asintomáticos como sintomáticos. Además, la convivencia estrecha y el compartir recipientes de agua y comida, así como el lamerse mutuamente, son importantes factores de transmisión. El ViLef puede encontrarse en menor proporción también en sangre, suero y plasma, aunque estas no se consideran como fuentes eficaces de transmisión. La enfermedad puede manifestarse en gatos de cualquier edad, siendo más común en jóvenes de entre 1 y 3 años. En cuanto a la transmisión de madre a hijos, solo una parte de la camada suele adquirir una infección persistente, y esto depende de la carga viral de la madre durante el período de gestación, siendo los estadios de infección aguda más propensos a transmitir la infección a un mayor número de fetos [3].

Debido a que el virus puede sobrevivir en condiciones ambientales de humedad y temperatura, la transmisión iatrogénica puede ocurrir mediante el intercambio de agujas, instrumentos médicos, vómitos, recipientes para comida y agua, bandejas de arena contaminadas y transfusiones sanguíneas [2]. De forma experimental se ha descrito

la transmisión transplacentaria, durante el parto y a través de la leche, pero en forma natural no son formas de transmisión comunes, aun así; en el caso de transmisión de madre a hijos sólo una parte de la camada adquiere infección persistente, dependiendo de la carga viral de la madre en el momento de la gestación. La transmisión venérea no ha sido demostrada, pero se ha detectado el virus en semen y la inoculación experimental del mismo en gatas produjo transmisión de la enfermedad. Debido a que el virus se encuentra en sangre, la transmisión a partir de transfusiones sanguíneas es posible [1].

Tras la exposición al virus, la infección puede seguir cuatro cursos distintos, los cuales están determinados por la respuesta inmunitaria del paciente. Siendo estas, forma abortiva, regresiva, progresiva e infección focal o atípica.

- La infección abortiva ocurre en gatos con un sistema inmunitario eficaz que logra detener la replicación viral, evitando así la aparición de viremias posteriores. Este tipo de infección está vinculado a exposiciones con bajos niveles de carga viral.
- La infección regresiva está acompañada por una respuesta inmune efectiva después de la viremia transitoria (dura entre 3 a 6 semanas), la cual contiene la replicación, pero su ADN es asimilado en las células mieloides quedando así con una enfermedad latente pero no eliminan el virus a través de secreciones.
- En la infección progresiva, el sistema inmunológico resulta insuficiente para detener la replicación viral, lo que permite que el virus supere las defensas inmunológicas y cause una viremia persistente que dura más de 16 semanas. Debido a esto, los gatos pueden transmitir el virus durante toda su vida, ya que este se replica de manera continua en la médula ósea, el bazo y los ganglios linfáticos. La mayoría de los individuos que desarrollan este tipo de infección fallecen en un plazo de tres años.
- La infección atípica o focal se caracteriza por estar restringida a órganos específicos, lo que ocasiona una producción esporádica de pequeñas cantidades del antígeno p27, que son difíciles de detectar en pruebas de antígenos.

La mayoría de pacientes que acuden a consulta en la fase inicial de la viremia con signos clínicos inespecíficos como fiebre, hiporexia y apatía. Debido a la inmunosupresión causada por el virus, es más probable que estos pacientes desarrollen infecciones bacterianas oportunistas, problemas cutáneos, afecciones respiratorias y deformación del pelaje. De hecho, en pacientes positivos se observa estomatitis inducidas ya sea por bacterias o por virus como el Calicivirus esto debido a la inmunodepresión. También se observa una asociación entre la presencia de micoplasma y la seropositividad al virus de la Leucemia e Inmunodeficiencia Felina (ViLeF) en gatos [1].

También se observan otras enfermedades asociadas con la leucemia felina, como uveítis, poliartritis neutrofílica, enteritis crónica y trastornos reproductivos como reabsorción fetal, abortos o muerte neonatal. En cachorros, pueden aparecer síntomas como falta de reflejo de succión, deshidratación, hipotermia y atrofia del istmo, que se conoce como síndrome de debilitamiento. ViLeF puede manifestarse de diversas maneras y se puede clasificar en dos tipos: una forma neoplásica y otra no neoplásica [4].

La forma neoplásica está más asociada a la presentación de linfomas incluyendo el mediastinal, extranodal y multicéntrico, todos ellos de origen de células T. aproximadamente el 80% de los gatos con linfoma mediastínico son seropositivos a ViLeF mientras que, el 10% de gatos gerentes que presentan linfoma intestinal al ser de linaje celular B son negativos a ViLef. En ciertos animales, se puede desarrollar insuficiencia renal debido a condiciones como linfoma renal o glomerulonefritis, lo cual se manifiesta con síntomas como aumento en la producción de orina, aumento en la sed, pérdida de peso y falta de apetito en las etapas avanzadas de la enfermedad [26].

La forma no neoplásica se relaciona con enfermedades clínicas por inmunodesregulación observando la presencia constante de anemias no regenerativas por consecuencia directa del virus en medula ósea; por otro lado, enfocándonos en la línea blanca se han descrito varios tipos de mielodisplasias y leucemias siendo la leucemia linfoide aguda la más frecuente (9), finalmente también se pueden observar gatas gestantes con abortos tardíos, infertilidad, enfermedades inmunomediadas como poliartritis, anemia inmunomediada entre otras [5].

A pesar de que la evaluación neutrosófica propuesta en esta investigación sirve como una herramienta de apoyo al diagnóstico médico, es necesario realizar otros exámenes. Dado que se observan niveles elevados de viremia durante la infección, se pueden emplear diversas pruebas utilizando muestras de suero, plasma, sangre completa, médula ósea u otros tejidos, de hecho, la American Association of Feline Practitioners (AAFP) recomienda que todo felino sea sometido a las pruebas para el diagnóstico de la infección por ViLeF. Una de las pruebas preferidas es la inmunocromatografía o ELISA de antígeno, ya que son fáciles de usar y están disponibles en la clínica diaria [25].

Los gatos pueden ser evaluados en cualquier etapa de su vida, ya que estas pruebas detectan el antígeno y no los anticuerpos, por lo que ni los anticuerpos maternos ni los derivados de vacunas interferirán con el resultado. En ocasiones, podemos encontrarnos con resultados falsos positivos o falsos negativos, por lo que es crucial confirmarlos mediante pruebas más específicas, como el PCR, que detecta secuencias de ADN viral. Esta prueba se utiliza en casos de alta sospecha, especialmente en gatos con linfomas o síndromes de supresión de médula ósea, ya que puede identificar incluso cantidades mínimas de antígeno viral [1].

Actualmente, la Leucemia Felina no cuenta con una cura definitiva. Por esto, el objetivo del tratamiento se basa en controlar las infecciones secundarias oportunistas y por ende evitar al máximo la replicación viral para que así la carga viral sea mínima en el organismo otorgándole una buena calidad de vida al felino durante el tiempo

que dure su enfermedad. Los principales fármacos utilizados son los antirretrovirales. En la actualidad existen numerosos compuestos antirretrovirales; aunque su disponibilidad se ve limitada en muchos países. Dentro de los más usados se encuentra la zidovudina el cual actúa como inhibidor de la transcriptasa inversa evitando así la infección de nuevas células, pero no tienen acción sobre las células ya infectadas [1]. Su dosis habitual es de 5 a 10 mg/kg cada 12 horas por vía oral. Sin embargo, también provoca efectos secundarios como vómitos, anorexia y anemia. Para esto, se recomienda realizar un seguimiento del recuento de glóbulos rojos y blancos del felino.

También se considera el uso de inmunomoduladores que poseen la capacidad de estimular o inhibir el sistema inmune. En el contexto de esta enfermedad, se utilizan para fortalecer la respuesta inmune del gato y así lograr un efecto antiviral. Uno de los inmunomoduladores más utilizados en la actualidad es el Interferón Omega Felino, que ha demostrado aumentar los glóbulos rojos y producir una mejoría clínica notable al generar una respuesta favorable al tratamiento. Su forma de uso se da mediante la administración de 1 MU/kg/día por vía SC con intervalos de 5 días consecutivos con la posibilidad de repetir el tratamiento después de 14 días.

5. Conclusión

En la actualidad, la leucemia viral felina (FeLV) representa una de las enfermedades infecciosas más importantes que afectan a los gatos domésticos en todo el mundo, incluyendo América Latina y, en particular, Ecuador. Se trata de un retrovirus clasificado dentro de la familia Retroviridae que puede ocasionar graves consecuencias en la salud de los felinos, como inmunosupresión, desarrollo de neoplasias y anemias. La importancia de esta enfermedad en la práctica veterinaria radica en su alta capacidad de transmisión y las serias implicaciones para la salud y calidad de vida de los animales afectados.

La comprensión de la dinámica que existe entre todos los factores de esta enfermedad influenciado por una variedad de factores virales como del huésped, generalmente conduce a una infección persistente y crónica que puede tener una fase prolongada y asintomática. Desde una perspectiva epidemiológica, la prevalencia del virus y las enfermedades asociadas varían globalmente y han mostrado una tendencia decreciente en algunos estudios, atribuible a una mejor comprensión de la enfermedad, la introducción de vacunas efectivas y la implementación de programas para manejar y eliminar a los portadores virémicos.

En este estudio se desarrolló una evaluación neutrosófica que permite un diagnóstico más preciso y exhaustivo de la Leucemia Viral Felina. La evaluación neutrosófica constituye una herramienta valiosa para veterinarios y estudiantes de medicina veterinaria, facilitando un entendimiento más completo de la fisiopatología del virus y sus síndromes asociados, así como de las estrategias más efectivas para su tratamiento y prevención.

Referencias

[1] K. Hartmann, R. Hofmann-Lehmann, and J. E. Sykes, "Feline leukemia virus infection," *Greene's Infectious Diseases of the Dog and Cat*, pp. 382-413: Elsevier, 2021.

[2] K. Hartmann, "Clinical aspects of feline immunodeficiency and feline leukemia virus infection," *Veterinary immunology and immunopathology,* vol. 143, no. 3-4, pp. 190-201, 2011.

[3] S. Gleich, and K. Hartmann, "Hematology and serum biochemistry of feline immunodeficiency virus‐infected and feline leukemia virus‐infected cats," *Journal of Veterinary Internal Medicine,* vol. 23, no. 3, pp. 552-558, 2009.

[4] M. Louwerens, C. A. London, N. C. Pedersen, and L. A. Lyons, "Feline lymphoma in the Post—Feline leukemia virus era," *Journal of veterinary internal medicine,* vol. 19, no. 3, pp. 329-335, 2005.

[5] V. Cattori, A. C. Pepin, R. Tandon, B. Riond, M. L. Meli, B. Willi, H. Lutz, and R. Hofmann-Lehmann, "Real-time PCR investigation of feline leukemia virus proviral and viral RNA loads in leukocyte subsets," *Veterinary immunology and immunopathology,* vol. 123, no. 1-2, pp. 124-128, 2008.

[6] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[7] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[8] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[9] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[10] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[11] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[12] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[15] R. G. Ortega, M. Rodríguez, M. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 16, 2019.

[16] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[17] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[18] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[19] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[20] J. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 8, no. 1, pp. 1-14, 2015.

[21] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[22] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[23] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[24] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[25] T. Cristo, G. Biezus, L. Noronha, T. Gaspar, T. Dal Pont, J. Withoeft, L. Furlan, L. Costa, S. Traverso, and R. Casagrande, "Feline leukaemia virus associated with leukaemia in cats in Santa Catarina, Brazil," *Journal of comparative pathology,* vol. 170, pp. 10-21, 2019.

[26] H. Lutz, D. Addie, S. Belák, C. Boucraut-Baralon, H. Egberink, T. Frymus, T. Gruffydd-Jones, K. Hartmann, M. J. Hosie, and A. Lloret, "Feline leukaemia. ABCD guidelines on prevention and management," *Journal of Feline Medicine & Surgery,* vol. 11, no. 7, pp. 565-574, 2009.

[27] M. Rodríguez, "Prevalencia de Leucemia e Inmunodeficiencia felina en pacientes atendidos en la clínica veterinaria Pet Angels de la Ciudad de Guayaquil [Internet]. Universidad Católica De Santiago De Guayaquil; 2020."

Recibido: noviembre 14, 2024. **Aceptado:** diciembre 02, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la muerte cruzada en el Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática en el año 2022.

Neutrosophic multi-criteria method for the evaluation of cross-death in Ecuador and its impact on democratic stability in the year 2022.

Iyo Alexis Cruz Piza[1], Vanessa Josefa Hernández Alvarado[2], and Nelly Valeria Vinueza Ochoa[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. ub.iyocruz@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. ub.vanessahernandez@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. ub.nellyvinueza@uniandes.edu.ec

Resumen. En esta investigación se implementa un método multicriterio neutrosófico para evaluar la muerte cruzada en Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática de 2022. Se realiza un análisis jurídico y doctrinario de las causas y consecuencias de la disolución de la Asamblea Nacional, que culminó en el juicio político al presidente Guillermo Lasso en 2022. La falta de consensos políticos en la Asamblea se destaca como un elemento central que ha bloqueado iniciativas legislativas cruciales, impidiendo que la Función Ejecutiva encuentre soluciones a los problemas más urgentes que enfrenta la ciudadanía ecuatoriana. La metodología empleada combina enfoques cualitativos y cuantitativos, permitiendo examinar la normativa constitucional y legal en relación con esta crisis política. La investigación busca comprender cómo la muerte cruzada afecta la estabilidad democrática en Ecuador, fundamentándose en la lógica neutrosófica y en estudios previos sobre crisis políticas en América Latina para contextualizar el fenómeno en un marco más amplio. La recolección de datos se llevará a cabo a través de encuestas, utilizando cuestionarios diseñados específicamente para captar la opinión de los ciudadanos respecto a la situación política actual. A través de esta investigación, se espera proporcionar un análisis detallado que contribuya a la discusión sobre la salud democrática en Ecuador.

Palabras Claves: muerte cruzada, estabilidad democrática, ciudadanía ecuatoriana, Método multicriterio neutrosófico.

Abstract. This research implements a multi-criteria neutrosophic method to evaluate the cross-death in Ecuador and its impact on democratic stability in 2022. A legal and doctrinal analysis is carried out of the causes and consequences of the dissolution of the National Assembly, which culminated in the impeachment of President Guillermo Lasso in 2022. The lack of political consensus in the Assembly stands out as a central element that has blocked crucial legislative initiatives, preventing the Executive Branch from finding solutions to the most urgent problems facing Ecuadorian citizens. The methodology used combines qualitative and quantitative approaches, allowing an examination of the constitutional and legal regulations in relation to this political crisis. The research seeks to understand how the cross-death affects democratic stability in Ecuador, based on neutrosophic logic and previous studies on political crises in Latin America to contextualize the phenomenon in a broader framework. Data collection will be carried out through surveys, using questionnaires specifically designed to capture citizens' opinions regarding the current political situation. Through this research, it is hoped to provide a detailed analysis that will contribute to the discussion on democratic health in Ecuador.

Keywords: cross-death, democratic stability, Ecuadorian citizenship, neutrosophic multicriteria method.

1 Introducción

La crisis política, entendida como un cambio abrupto que altera el equilibrio interno y externo de las organizaciones, se presenta como un fenómeno crítico en el contexto democrático contemporáneo. En el ámbito político, esta noción suele manifestarse de manera repentina, generando situaciones adversas para ciertos actores, como el gobierno y las instituciones involucradas, mientras que para otros puede representar una oportunidad de

cambio. Según Albrecht, las crisis son eventos específicos que tienen la capacidad de romper el equilibrio organizativo [1], una definición que, aunque orientada a contextos empresariales, puede extrapolarse al funcionamiento de las instituciones políticas.

En este sentido, Dobry sostiene que la crisis política es una expresión del poder en la que emergen contradicciones entre distintas fuerzas, empleando las movilizaciones como instrumentos para facilitar el cambio [2]. Esta investigación se centra en la disolución de la Asamblea Nacional del Ecuador, conocida como muerte cruzada, y su impacto en la estabilidad democrática durante el año 2022, un periodo marcado por tensiones políticas que llevaron al juicio político del presidente Guillermo Lasso.

La muerte cruzada en Ecuador, declarada por el presidente Guillermo Lasso el 17 de mayo de 2023, es un mecanismo constitucional que permite la disolución de la Asamblea Nacional en situaciones de crisis política importantes [3]. Esta figura se invoca cuando el jefe de Estado considera que el poder legislativo está obstruyendo su capacidad de gobernar, en medio de una grave crisis o actuando con atribuciones que no le corresponden [4]. En este contexto, Lasso, quien enfrentaba un juicio político por malversación de fondos públicos —acusaciones que él rechazó como maniobras políticas— argumentó que su decisión era necesaria para devolver al pueblo el poder de decisión a través de nuevas elecciones. Tras su decreto, el Consejo Nacional Electoral (CNE) tuvo un plazo de siete días para convocar elecciones anticipadas, las cuales debían realizarse dentro de un máximo de 90 días. Durante este tiempo, Lasso podría gobernar por decreto, aunque con restricciones sobre el uso de sus atribuciones. La disolución de la Asamblea Nacional y la posterior convocatoria a nuevos comicios llevaron a la desaparición de los asambleístas electos, lo que significó un profundo cambio en el panorama político del país [5].

Con base en este contexto, surge el objetivo central de la investigación: implementar un método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la muerte cruzada en el Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática en el año 2022. Mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo, este estudio busca ofrecer una perspectiva exhaustiva sobre los eventos que constituyen una de las crisis políticas más significativas en la historia reciente del país, contribuyendo así a una comprensión más profunda de la dinámica entre crisis, poder y estabilidad democrática.

2. Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la muerte cruzada en el Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [6]. Con respecto al concepto toma de decisiones, Schein, lo definió como el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [7].

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [8-11]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes Problemas de Toma de Decisiones Multicriterio Discreto (DMD). El método propuesto en la presente investigación está diseñado para evaluar el impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio multiexperto, y utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica.

El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determinan la evaluación de indicadores.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, criterios para la evaluación de la estabilidad democrática.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la determinación de los pesos asociados a las competencias se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: Evaluación neutrosófica de los indicadores sobre el impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante (ecuación 4). Como resultado se evalúa el impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos [12]. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2:

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [13-15]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [16]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [17]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [18, 19]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$. asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3. Implementación del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la muerte cruzada en el Ecuador y su incidencia en la estabilidad democrática

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores en un caso de estudio. Se describen a continuación las etapas del método.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Para el análisis y funcionamiento del método propuesto se utilizaron 5 criterios que hacen referencia a dimensiones para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022, tal como se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática.

No.	Criterios
1	Confianza en las instituciones: Mide el nivel de confianza que la población tiene en sus instituciones políticas y gubernamentales.
2	Continuidad de políticas públicas: Evalúa el grado en que las políticas públicas y programas gubernamentales per-

No.	Criterios
	manecen inalterados o se ven interrumpidos tras la muerte cruzada.
3	Participación electoral: Refleja el porcentaje de la población que ejerce su derecho al voto en las elecciones anticipadas
4	Polarización política: Indica el grado de división y conflicto entre partidos y grupos políticos en el país.
5	Respeto por los derechos políticos y civiles: Evalúa el cumplimiento y la protección de los derechos políticos y civiles de los ciudadanos tras la muerte cruzada.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a los criterios para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre los criterios utilizados para la evaluación del silencio administrativo. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 2: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[0.90,0.15,0.25]
C_2	[0.80,0.25,0.25]
C_3	[1,0.15,0.10]
C_4	[0.90,0.15,0.25]
C_5	[1,0.15,0.10]

Etapa 3: Evaluación neutrosófica sobre el impacto de la muerte cruzada en la estabilidad democrática

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas objeto de análisis para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada competencia. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 3: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterio	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[0.90,0.15,0.25]	[0.50,0.10,0.15]	[0.70,0.10,0.15]
C_2	[0.80,0.25,0.25]	[0.75,0.10,0.15]	[0.77,0.25,0.25]
C_3	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.15]
C_4	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.10,0.15]	[0.95,0.15,0.25]
C_5	[1,0.15,0.10]	[0.75,0.10,0.15]	[0.87,0.25,0.25]
Índice			[0.83,0.25,0.25]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.83 lo que representa un alto índice para la evaluación del impacto que tuvo la muerte cruzada en la estabilidad democrática del Ecuador en 2022.

Resultados de la encuesta

Adicionalmente, se llevó a cabo una encuesta a un grupo de 20 expertos ecuatorianos en el ámbito jurídico, la democracia y los derechos humanos, con el propósito de analizar el impacto que la figura de la muerte cruzada tuvo en la estabilidad democrática del país durante el año 2022. Los participantes incluían abogados constitucionalistas, académicos e investigadores, quienes aportaron sus conocimientos y experiencias sobre las disposiciones constitucionales pertinentes y sus repercusiones en el sistema político. La encuesta fue diseñada para identificar perspectivas sobre los artículos 130 y 148 de la Constitución de la República del Ecuador, así como para ofrecer una visión sobre la percepción de la estabilidad democrática en el contexto de la crisis política desencadenada por la disolución de la Asamblea Nacional.

Tabla 4. Resultados de la encuesta

Pregunta	Sí	No	Tal vez
¿Considera que los artículos 130 y 148 de la Constitución de la República del Ecuador perturban el marco institucional del país?	12 (60%)	5 (25%)	3 (15%)

Pregunta	Sí	No	Tal vez
¿Cree que el vicepresidente debería asumir la presidencia del Ecuador en el tiempo en que se llama a nuevas elecciones después de la aplicación de la muerte cruzada?	16(80%)	2(10%)	2(10%)
¿Cree que el Estado debe permitir la reelección o postulación de las personas que fueron destituidas y/o disueltas en la aplicación de la muerte cruzada?	3(15%)	11(55%)	6(30%)
¿Considera que al aplicar la muerte cruzada en un estado de excepción se está violentando la seguridad jurídica?	16(80%)	-	4(20%)
¿Cree que es necesaria la reforma de los artículos 130 y 148 de la Constitución de la República del Ecuador?	13(65%)	-	7(35%)
¿Cree que es adecuado que el presidente, a pesar de haber aplicado la muerte cruzada, pueda seguir expidiendo decretos y/o leyes de urgencia económica hasta la instalación de la Asamblea Nacional?	-	17(85%)	3(15%)

A consideración de los encuestados, el impacto del artículo 130 de la Constitución en el Estado genera una preocupación significativa, ya que la mayoría de los expertos coincidió en que la destitución del presidente afectaría negativamente la institucionalidad del país. Esto resalta la importancia del liderazgo en el gobierno y cómo la ausencia de un gobernante elegido puede resultar en un vacío de poder que interfiere con la continuidad de proyectos gubernamentales esenciales. Asimismo, la opinión fue unánime respecto a que el artículo 148 perturba el marco institucional al permitir la disolución de la Asamblea Nacional, lo que afecta los procesos legislativos y la fiscalización. Este hallazgo sugiere que los expertos perciben un debilitamiento del sistema de pesos y contrapesos, un elemento fundamental para el funcionamiento democrático.

Respecto a la asunción de la presidencia por parte del vicepresidente, los encuestados mostraron un fuerte consenso acerca de la necesidad de que esta figura asuma temporalmente el liderazgo, evitando así un vacío de poder que podría ser perjudicial para la gobernabilidad del país. En relación con la reelección de las personas destituidas, la mayoría opinó que aquellos que fueron destituidos o cuya elección fue disuelta no deberían poder postularse nuevamente. Este resultado refleja una postura de responsabilidad política, donde las consecuencias de una mala gestión se consideran determinantes para futuras candidaturas.

La preocupación por la violación de la seguridad jurídica también fue evidente, ya que los encuestados indicaron que la aplicación de la muerte cruzada en un estado de excepción puede limitar los derechos constitucionales. Esto enfatiza la necesidad de que las decisiones tomadas en situaciones críticas sean vigiladas cuidadosamente para proteger la legalidad y los derechos de los ciudadanos.

Además, los expertos coincidieron en la urgencia de realizar una reforma a los artículos 130 y 148 de la Constitución. Esta reforma es vista como una forma de abordar la ambigüedad en la legislación actual, estableciendo límites claros que prevengan abusos de poder y aseguren una mejor gobernanza. Asimismo, la negativa a permitir que el presidente expida decretos en este periodo pone de relieve la percepción de que tal acción podría desestabilizar el sistema democrático, subrayando así el riesgo que esto implica para el equilibrio de poderes que mantiene la base de la democracia en el país.

4 Discusión

La reciente experiencia de la muerte cruzada en Ecuador, ejemplificada por la disolución de la Asamblea Nacional y las elecciones anticipadas que siguieron, subraya una realidad ineludible: el ejercicio de esta figura constitucional impacta negativamente en la estabilidad democrática del país. A partir del 15 de octubre de 2023, cuando se llevaron a cabo las elecciones anticipadas que dieron como resultado la elección de Daniel Noboa, se hizo evidente que este mecanismo, aunque constitucional, se encuentra atravesado por riesgos que afectaron la continuidad del gobierno y la confianza pública en la democracia [3].

La figura de la muerte cruzada se caracteriza por su capacidad para activar tanto la destitución del presidente como la disolución de la Asamblea Nacional. Aunque su finalidad podría interpretarse como un mecanismo para facilitar la voluntad popular, la realidad es que, en la práctica, este proceso conlleva a una inestabilidad política significativa [4]. El abrupto cambio en el liderazgo del país, resultado de la disolución de la Asamblea, no solo altera el funcionamiento normal del gobierno, sino que también genera incertidumbre en la población respecto a la continuidad de las políticas públicas y de los programas gubernamentales.

Los eventos que llevaron a la celebración de elecciones anticipadas reflejan un resquebrajamiento de la confianza institucional. Si bien el ejercicio democrático de convocar a elecciones anticipadas puede parecer positivo a primera vista, el contexto en el cual se produce—una disolución impulsada por la situación de crisis—conlleva a la percepción de que las instituciones pueden ser utilizadas para fines políticos que no necesariamente benefician a la democracia. Esto implica que la verdadera participación popular, en lugar de ser promovida, se convierte en una respuesta a una crisis, minando la estabilidad y la previsibilidad que los ciudadanos esperan de su sis-

tema político [5].

Además, la muerte cruzada pone en tela de juicio el equilibrio de poderes, uno de los pilares fundamentales de la democracia. Al permitir que el presidente disuelva la Asamblea Nacional en ciertas circunstancias, se corre el riesgo de que esta facultad se utilice de manera arbitraria o política, desvirtuando así el propósito de tener un sistema de pesos y contrapesos. Esto genera dudas sobre la independencia y la funcionalidad de las instituciones, lo que a su vez puede llevar a una mayor polarización y a la erosión de la confianza pública en la democracia.

Aunque la muerte cruzada se presenta como un medio a través del cual los ciudadanos pueden expresarse electoralmente, sus consecuencias en términos de inestabilidad política y crisis de gobernanza no deben subestimarse. La posibilidad de elecciones anticipadas no compensa el daño que se le puede infligir a la estructura democrática al recurrir a este mecanismo en contextos de crisis. En consecuencia, es fundamental evaluar la necesidad de reformas que limiten su uso y que fortalezcan el sistema democrático, para garantizar que la voz del electorado no sea simplemente un recurso ante la crisis, sino un pilar del orden constitucional y de la estabilidad política en Ecuador.

La figura de la muerte cruzada en Ecuador, establecida en los artículos 130 y 148 de la Constitución, surge con el objetivo de prevenir el deterioro de la relación entre el Ejecutivo y el Legislativo, evitando situaciones que puedan llevar a la usurpación de funciones o a crisis políticas graves [4]. A través de análisis y reflexiones por parte de juristas y operadores de justicia, se pone en evidencia que esta herramienta jurídica requiere un tratamiento particular para resguardar los derechos constitucionales. En particular, se subraya que, al decretarse la disolución de la Asamblea Nacional, el presidente adquiere amplias facultades legislativas que le permiten expedir decretos con fuerza de ley, los cuales permanecen en vigor hasta ser derogados o confirmados por una nueva Asamblea.

Este poder desmedido plantea interrogantes sobre la seguridad jurídica y la posible vulneración de derechos fundamentales, ya que los artículos mencionados no establecen límites claros ni directrices específicos. Esta ambigüedad ha generado un espacio para interpretaciones que podrían ser utilizadas en detrimento de la legalidad y la institucionalidad. Por lo tanto, se concluye que es imperativo llevar a cabo una reforma de los artículos 130 y 148 de la Constitución, orientada a establecer restricciones y definiciones más precisas que fortalezcan el marco legal y protejan los derechos de los ciudadanos frente a la concentración de poder.

5. Conclusión

Los resultados obtenidos a través de la implementación del método multicriterio neutrosófico para evaluar el impacto de la muerte cruzada en la estabilidad democrática de Ecuador en 2022, que arrojaron un índice de 0.81, revelan un alto nivel de incidencia en la estabilidad democrática del país. Esta puntuación indica que, a pesar de la posibilidad de una participación activa de los ciudadanos a través de elecciones anticipadas, la disolución de la Asamblea Nacional y el cambio abrupto en el liderazgo político generaron una percepción de inestabilidad y desconfianza en las instituciones. Los hallazgos de la encuesta complementan este resultado, al evidenciar que factores como la polarización política y el respeto por los derechos civiles se vieron afectados negativamente tras la aplicación de la muerte cruzada. En conjunto, estos elementos fortalecen la conclusión de que la muerte cruzada, aunque constitucionalmente válida, conllevó importantes repercusiones en la estructura democrática del Ecuador, llevando a una crisis de confianza y de inestabilidad que podría tener efectos duraderos en el futuro del sistema político del país.

Referencias

[1] C. Albrecht, “Economic nationalism among German bohemians,” *Nationalities Papers,* vol. 24, no. 1, pp. 17-30, 1996.

[2] C. P. Castro, “Discussing political crisis as a social phenomenon: a short critical look,” *Novos Cadernos NAEA, Belém,* vol. 22, no. 1, pp. 247-257, 2019.

[3] W. V. B. Santo, J. G. del Pozo Carrasco, and M. E. G. Santos, “Vulneración de derechos constitucionales a causa de la muerte cruzada en el Ecuador,” *Iustitia Socialis: Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 8, pp. 71-83, 2023.

[4] L. F. G. Mena, “La “muerte cruzada” en la Constitución del Ecuador: disolución de la Asamblea Nacional y elecciones anticipadas,” *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 8, no. 11, pp. 405-417, 2023.

[5] G. M. González Orna, “La inestabilidad hispanoamericana: la “muerte cruzada” en Ecuador,” *Boletín del Departamento de América Latina y El Caribe*, 2023.

[6] S. Herbert, “The new science of management decision,” *New York*, 1960.

[7] E. SCHEIN, “Process consultation,” 1988.

[8] S. Broumi, and F. Smarandache, “Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets,” *Infinite Study*, 2014.

[9] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[10] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[11] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[12] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[13] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[14] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[15] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[16] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

Recibido: noviembre 15, 2024. **Aceptado:** diciembre 03, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de una estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios.

Analytical Hierarchical Neutrosophic Analytical Process for the evaluation of a didactic strategy in undergraduate learning.

Rolando Manuel Benites[1], Grimaneza Miguelina Fonseca Díaz[2], Diana Gissela Benites Fonseca[3] and David André Benites[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.rolandobenites@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. grima_fonseca@hotmail.com
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.dianagbf93@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. davidandre18b@gmail.com

Resumen. El aprendizaje es un proceso activo y constructivo donde los estudiantes eligen metas para su aprendizaje incluye aspectos cognitivos y meta cognitivos, la cognición que puede ser consciente o inconsciente, y que se ocupa del desarrollo de la capacidad y actividad mental de manera consciente y deliberada. El empleo estrategia didáctica en estudiantes Universitarios, se ejecuta de modos diferentes, con estilos de aprendizaje atractivos para los estudiantes, lo que constituye para los docentes de la educación superior, un mecanismo didáctico para impulsar a sus alumnos a adquirir una información innovadora, que conlleve a desarrollar competencias de opiniones, nociones, destrezas y prácticas específicas, se promueve el aprendizaje significativo, principios de investigación, como herramienta para generar nuevas alternativas en la apropiación del conocimiento. La presente investigación propone una solución a la problemática planteada a partir de la implementación de un método para la evaluación de la estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio con el empleo del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, estrategia didáctica, aprendizaje significativo, conocimiento.

Abstract. Learning is an active and constructive process where students choose goals for their learning, it includes cognitive and meta-cognitive aspects, cognition that can be conscious or unconscious, and deals with the development of mental capacity and activity in a conscious and deliberate manner. The use of teaching strategies in university students is carried out in different ways, with attractive learning styles for students, which constitutes for higher education teachers, a teaching mechanism to encourage their students to acquire innovative information, which leads to developing competencies of opinions, notions, skills and specific practices, significant learning is promoted, research principles, as a tool to generate new alternatives in the appropriation of knowledge. The present research proposes a solution to the problem raised from the implementation of a method for the evaluation of the teaching strategy in learning of university students. It bases its operation through a multi-criteria approach with the use of the Neutrosophic Hierarchical Analytical Process.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytical Process, teaching strategy, meaningful learning, knowledge.

1 Introducción

El empleo de estrategia didáctica universitaria, se ejecuta de modos diferentes, con estilos de aprendizaje atractivos para los estudiantes, los docentes de educación superior cuentan con herramientas didácticas para impulsar a sus alumnos a adquirir conocimientos innovadores, significativos, que conlleve a desarrollar competencias de opiniones, conocimientos, destrezas y poder aplicarlas en prácticas pre profesionales [1]. Los componentes motivacionales y uso de estrategias de aprendizaje en estudiantes para alcanzar metas intrínsecas con orientación a metas extrínsecas y autoeficacia para el aprendizaje [2].

En la actualidad, la incorporación de Tecnologías de Información y comunicaciones (TIC), Inteligencia artificial, han revolucionado nuestra forma de aprender e interrelacionarnos con el mundo; para la construcción

del conocimiento y dan valor agregado a la educación [3]. En [4] se afirma que el aprendizaje es un proceso activo y constructivo donde los estudiantes eligen metas para su aprendizaje, y además, intentan monitorear, regular y controlar su cognición, motivación y conducta, las cuales, mediadas por sus propias metas, factores contextuales y ambientales, permiten alcanzar los propósitos académicos y obtener mejores resultados, el papel de la motivación intrínseca, como el propio placer de enseñar y contribuir a la mejora social, como determinantes de su elección No obstante, la motivación extrínseca, como obtener una fuente de ingresos segura o promocionar socialmente, también han mostrado ser de gran importancia a la hora de elegir este tipo de formaciones la cognición que puede ser consciente o inconsciente, y que se ocupa del desarrollo de la capacidad y actividad mental de manera consciente y deliberada [5].

En tal sentido, se ha señalado que la metacognición se refleja en el conocimiento, el aprendizaje autorregulado incluye además de los aspectos cognitivos y metacognitivos, los aspectos conductuales, motivacionales, emocionales y afectivos que están implicados en el aprendizaje [6], [7]. En este proceso de enseñanza y aprendizaje el docente pasa de ser el protagonista y responsable del aprendizaje del alumno (teoría conductista) a ser este quien planifica la enseñanza y la organiza para que sus alumnos realicen un aprendizaje significativo. Para ello, el docente también debe motivar al alumnado, resaltando la relevancia de la materia y su repercusión para que así traslade al discente el interés por la materia [1], es imperativo promover en el estudiante el aprendizaje activo y significativo, que le permite solucionar problemas de conocimiento a partir de la tutoría funcional del docente actúa como tutor [8].

2. Método para la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios

El método propuesto en esta investigación está estructurado en tres etapas: entrada, procesamiento y salida de información. La etapa de entrada nutre los criterios de selección del método, posteriormente en la etapa de procesamiento se implementa la evaluación multicriterio. La etapa de salida visualiza la inferencia propuesta por el método como resultado del proceso de evaluación. El método basa su funcionamiento mediante *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process* (NAHP).

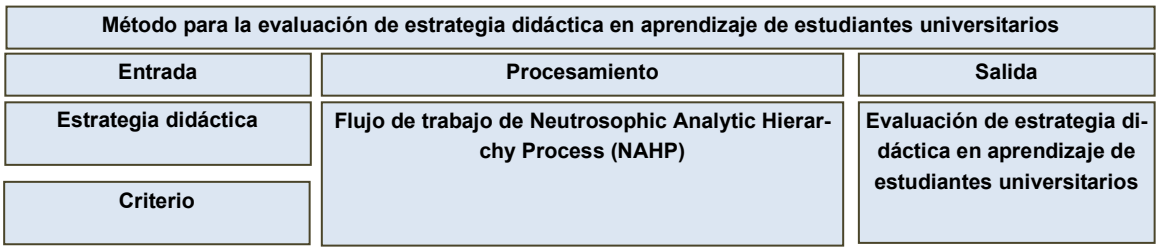

Figura1. Estructura del método para la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El proceso analítico jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [9]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado [10-12]. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión [13-15]. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados [16], [17], [18].

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores [19-21]. La figura 2 muestra la estructura jerárquica de AHP [22], [23].

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [24-26] . Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios [27-29]. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [30], [31], [32], [33].

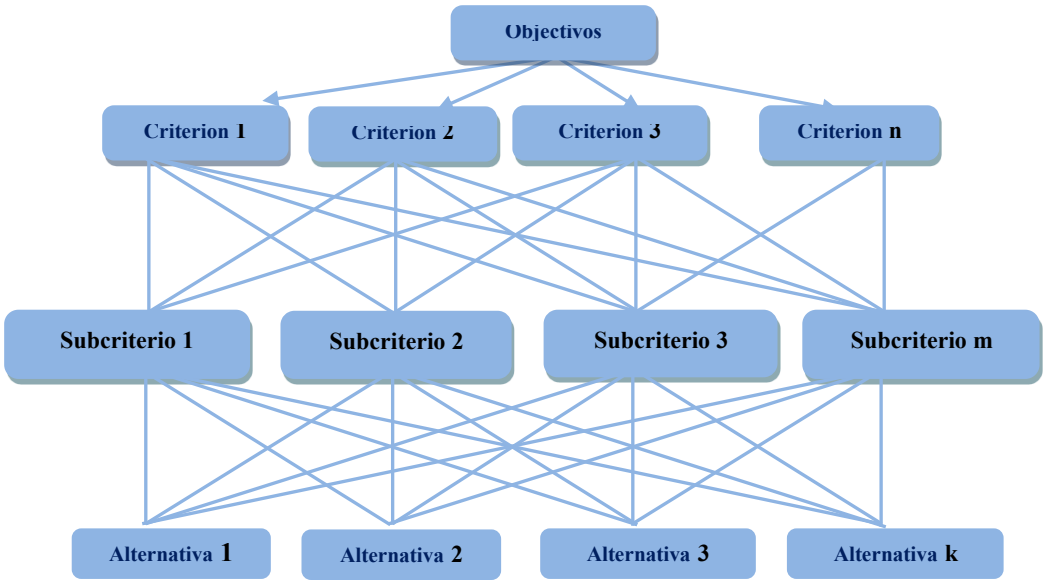

Figura 2. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [34, 35].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión.

3. Estructura del método propuesto

Una vez identificado los criterios evaluación, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) ,[36], [37].

$$S = \left\{\frac{1}{9},\frac{1}{8},\frac{1}{7},\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2},1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \quad (1)$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos se colocados en la posición *aji* de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Neutrosophic Triangular Scale
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$

Escala Saaty	Definición	Neutrosophic Triangular Scale
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3); 0.40, 0.65, 0.60\rangle$ $\tilde{4} = \langle(3,4,5); 0.60, 0.35, 0.40\rangle$ $\tilde{6} = \langle(5,6,7); 0.70, 0.25, 0.30\rangle$ $\tilde{8} = \langle(7,8,9); 0.85, 0.10, 0.15\rangle$

Por su parte, Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz . Definió la ecuación $\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{max-n}}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Table 2. RI asociada a cada criterio.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP.

NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes.

NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{3}$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \tag{4}$$

4 Resultados y discusión

Como parte de los resultados el método propuesto fue implementado para la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información el método propuesto emplea un enfoque multicriterio multiexperto, expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitariosen el problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, , c_n\}, \geq n1 \tag{5}$$

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, , e_m\}, \geq m1 \tag{6}$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, , a_k\}, \geq k1 \tag{7}$$

A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta.

La alternativa para evaluar es la siguiente:

A_1: Evaluación positiva de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios.

A_2: Evaluación negativa para la estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios.

Los criterios para evaluar son los siguientes:

C_1: Relevancia y pertinencia de los contenidos

C_2: Impacto en el desarrollo de competencias

C_3: Interacción y participación estudiantil

C_4: Eficacia en la evaluación del aprendizaje

Para el desarrollo de la presente investigación se consultaron 5 expertos de los cuales a partir de los que se obtuvo una matriz agregada con la comparación emitida por los expertos correspondientes a los criterios, se resumen en la tabla 3 la agregación obtenida. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 3: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Criterio	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/5}$	$\widetilde{1/3}$	$\widetilde{1/5}$
C_2	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$	$\widetilde{1/3}$
C_3	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$
C_4	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$

La tabla 4, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 4: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C_1.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
C_2	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_3	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00235 que represente el valor agregado de los expertos, Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio.

La Tabla 5 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 1 con pesos $w_i = 1/3$ para i = 1, 2, 3.

Tabla 5: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	1
A_2	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2

La Tabla 6 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 6: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	$A_1\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$A_2\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	Vector Prioridad	Orden
C_1	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.41	3
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0.68	1
C_3	$\langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0.56	2
C_4	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.34	4

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 6, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_2 \succ C_3 \succ C_1 \succ C_4$.

5. Discusión

Un factor determinante en el rendimiento académico resulta el estilo de aprendizaje para poder ofrecer una buena formación académica es necesario que los maestros tengan en cuenta las características de aprendizaje del alumnado de forma que la acción docente considere esta premisa con el fin de aunar estrategias de enseñanza y aprendizaje [1], [38]. El conocimiento y comprensión por parte del estudiante sobre su estilo de aprendizaje le

permitirá estar consciente de las estrategias cognitivas que emplea y de cuáles son las más adecuadas; es muy importante el conocimiento y comprensión de los estilos de aprendizaje de los estudiantes por parte del profesor, la toma de decisiones académicas fundamentales permitiéndole mejorar su rendimiento con actitudes investigativas, en busca de información actualizada, especializada [39].

La decisión de iniciar estudios superiores implica un proceso de búsqueda y selección, en el que los estudiantes priorizan, responder a aspiraciones propias, motivos de logro, afiliación y poder es trascendental desarrollar en los estudiantes la competencia de aprendizaje autónomo y reflexivo, aunado a que el rol del profesor debe de evolucionar de ser una figura transmisora de información a ser promotor del aprendizaje, los diferentes estilos de aprendizaje en pos de la mejora del rendimiento académico, la forma en que los estudiantes responden a las demandas educativas actuales [39].

Los principales consideran el uso adecuado de las TICS, el trabajo colaborativo y una adecuada interacción de comunicación en el mundo globalizado de hoy, el desempeño académico constituye un indicador del aprendizaje de un estudiante de acuerdo a sus habilidades y capacidades, conocer cómo los sujetos desarrollamos nuevas estructuras cognitivas y cómo las modificamos [38]. La epistemología genética procesos mediante los cuales se posibilita el pasaje de un estado de menor complejidad a un estado de mayor complejidad cognitiva.

En la actualidad los docentes deben saber que cada estudiante aprende de acuerdo con sus propias motivaciones, su grado de desarrollo cognitivo-académico y su estilo de aprendizaje, lo cual les permite alcanzar altos niveles de aprendizaje, existen múltiples formas de aprender, debido a la gran cantidad de elementos que intervienen en el proceso, cognitivos, afectivos y motivacionales [39]. El rendimiento académico permite un acceso rápido al conocimiento, la educación tiene como reto fundamental formar estudiantes con actitudes positivas, con capacidades de buscar informaciones actualizadas, seleccionar, sistematizar, utilizar nuevos conocimientos.

Este proceso de acompañado de la toma de conciencia del individuo, de cómo es que aprende y qué método o estilo aplica para ser capaz de hacerlo [5]. Una de las principales preocupaciones educativas es sobre qué metodología escoger para los esfuerzos académicos, es decir, qué y cómo se va a enseñar, debido a que parte de la población académica (alumnos y profesores) no tienen las mismas herramientas y habilidades tecnológicas para seguir aprendiendo o enseñando desde sus casas de suma importancia analizar Motivación y Estrategias de Aprendizaje en estudiantes Universitarios la responsabilidad que asumen como estudiantes transforma sus habilidades mentales en actividades y destrezas necesarias para funcionar en diversos contextos Sin motivación, el estudiante ve limitada su capacidad de poner en marcha estrategias de aprendizaje que le permitan obtener resultados académicos favorables [40].

La motivación es un constructo psicológico constituye un elemento fundamental para el aprendizaje, y es inherente a la posibilidad de otorgar sentido y significado al conocimiento durante y después de la pandemia de COVID19 fue una gran amenaza para la salud mental y el bienestar de sociedades enteras que se han visto gravemente afectadas por esta crisis. Las adversidades relacionadas con las consecuencias socioeconómicas, el miedo las preocupaciones asociadas, tienen un impacto importante en la salud mental y esta puede ser mayor en los estudiantes de carreras de salud como medicina, odontología, pudiendo agravarse por distintos factores [41], una mayor prevalencia de depresión y ansiedad, la falta de estabilidad económica familiar, las instituciones educativas deben adoptar tutoría a través del uso de la psicoterapia, permitiendo que los estudiantes tengan estrategias de afrontamiento psicológico que utilicen en caso de una crisis que pueda surgir, así como el apoyo emocional necesario.

Por otra parte, permiten potencializar las opciones de aprendizaje con educación virtual escenarios que, familiarizándose con el uso de las nuevas tecnologías, así como el conocimiento aplicaciones de muchas herramientas blogs, wikis, y auditivos como audio-conferencias, entre otros, facilitando el aprendizaje en línea, quienes realizan un aprendizaje virtual poseen una motivación interna, como el deseo de saber, superarse, estar actualizados constantemente, convirtiéndose un reto cumplir metas y sub-metas académicas. Los sistemas de inteligencia artificial (IA) se presenta como un recurso valioso permiten mejorar la calidad de la evidencia científica, para establecer esquemas y protocolos de diagnóstico y tratamiento, decisiones terapéuticas y los pronósticos, liberará tiempo al personal de salud y potencialmente permitirá mejorar la relación médico-paciente, su empatía, regresando a la atención personalizada y la interacción con el enfermo, a través del acompañamiento, atención de calidad, calidez y comunicación individualizado, actividades que nunca serán reemplazadas por la IA [4], [6].

La globalización ha afectado significativamente a la educación superior abrió las puertas a la masificación, incluyendo el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) para llegar a un público más amplio y permitir el acceso a la educación superior. Por otra parte, de acuerdo con el modelo motivacional postulado por las razones de los estudiantes para elegir una carrera universitaria pueden estar fundamentadas en determinantes de carácter extrínseco relacionados con la promoción económica o el reconcomiendo social, o vinculadas a motivos intrínsecos (orientados al aprendizaje y la vida profesional), que en el ámbito académico se expresan en el disfrute por aprender o el deseo de logro vinculado al desarrollo personal y profesional exitoso, a partir de los estudios universitarios cursados el valor intrínseco y autoeficacia, el componente ansiedad muestran actitudes que pueden afectar a su desempeño académico, los factores que intervienen en la elección de una carrera profesional,

se analizan diferentes variables, tales como: vocación, intereses personales, motivación profesional y satisfacción; siendo estás dos últimas, elementos de relevancia que intervienen en el proceso de formación profesional o desarrollo de carrera de una persona.

En cuanto a la motivación extrínseca, se ha dicho que, es aquella que mueve al individuo a realizar acciones, pero para el logro de otras metas o propósitos separables a la actividad en sí misma, las cuales suelen ser en el área educativa, el obtener buenas calificaciones, un empleo bien remunerado, prestigio profesional, entre otras [42] está relacionado con el interés basado en las características de las tareas, contenidos o condiciones que despiertan interés en el alumno. La autoeficacia se fundamenta en el conjunto de pensamientos para conseguir determinados objetivos. Niveles elevados de ansiedad ante las evaluaciones tienden a afectar de forma negativa a la motivación los factores que intervienen en la elección de una carrera profesional, se analizan diferentes variables, tales como: vocación, intereses personales, motivación profesional y satisfacción; siendo estás dos últimas, elementos de relevancia que intervienen en el proceso de formación profesional o desarrollo de carrera de una persona [43].

El valor intrínseco de la motivación el desarrollo de los intereses cognoscitivos, habilidades comunicativas, cualidades individuales, valores y actitudes del educando, relacionados con el futuro desempeño de la profesión elegida, dependerá de los motivos y el sentido que tenga cada estudiante para cursar sus estudios, describen dos tipos de motivaciones: la extrínseca y la intrínseca, los motivos intrínsecos estarían asociados a recompensa o que responden a la búsqueda de la realización personal, como el deseo de aprender o el logro de un desarrollo personal y profesional a través de los estudios universitarios.

Actualmente, la motivación del universitario hacia un aprendizaje más profundo es una temática que toma cada día mayor relevancia en la educación superior. La motivación como estrategia didáctica, es un enfoque de gran relevancia para el proceso enseñanza-aprendizaje al guiar una formación profesional eficiente y apegada a las demandas sociales. Sin motivación, el alumno no realizará un trabajo adecuado, no solo el de aprender un concepto, sino en tener estrategias que le permitan resolver problemas similares a los aprendidos, la motivación es la necesidad de activar la conducta dirigiéndola hacia la meta propuesta la motivación muy importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje se entiende como la intención de producir en el estudiante la ejecución consciente y deseada de una actividad. El cambio de nivel educacional supone no solo el aumento de las exigencias, la necesidad creciente de que el estudiante organice el trabajo académico desarrolle procesos cognitivos y metacognitivos y otorgue mayor dedicación al estudio para ganar mayor autonomía hábitos de estudio que garantizan un aprendizaje eficaz y contribuyen a mejorar continuamente el desempeño académico resultan:

La educación se ha consolidado como estrategia que promueve el desarrollo del conocimiento y la formación de las comunidades y constituye el medio para incrementar el capital intelectual de las sociedades [39]. Tener claros los objetivos y motivaciones para alcanzar las metas propuestas. Realizar una buena planificación del estudio. Definir un horario condiciones del espacio donde se estudia. Los factores motivacionales que llevan a que una persona decida iniciar estudios de formación avanzada se vinculan con la exigencia académica que motiva a continuar con un proceso de formación avanzada, lo que impone un alto compromiso a las instituciones que ofertan este tipo de programas con la excelencia y la calidad académica.

La revisión llevada a cabo permitió develar que la motivación se ha identificado como multidimensional porque los estudiantes muestran diferentes tipos de motivación en un mismo contexto, lo que ha llevado a un gran número de investigadores a estudiar la motivación intrínseca y extrínseca, la auto-eficacia, el interés, los valores y las metas de los estudiantes. Los docentes necesitan conocer el nivel de motivación de sus estudiantes así podrán intervenir de manera efectiva en la formación intelectual y afectiva de los educandos y en la creación de valores profesionales, morales indispensables para el desarrollo de su profesión y para convertirse en ciudadanos integrales.

La motivación que puede cultivar el docente como facilitador, será efectiva si está asociada al interés de los alumnos, lo cual se produce cuando estos toman conciencia del motivo y de la necesidad de aprender [39]. A partir de las diferencias entre las modalidades presenciales y virtuales, es importante mencionar que la motivación es un elemento esencial para la marcha del aprendizaje, es inherente a la posibilidad de otorgar sentido y significado al conocimiento [2]. Las instituciones Universitarias, como institución creadora y transmisora de ciencia, técnica y cultura, tiene la responsabilidad, no sólo de preparar para el ejercicio de las actividades profesionales al alumno, sino que tiene un compromiso de excelencia para la docencia, la investigación y la transferencia. El aprendizaje en línea tiene una serie de beneficios potenciales, entre ellos la capacidad de superar las restricciones temporales y espaciales de los entornos educativos tradicionales, La libertad sin restricciones también puede verse como una característica del aprendizaje, libertad de acceso a conocimientos científicos, de contenido, espacio, medio, acceso y desarrollo de relaciones.

El conocimiento, entendido como construcción, es un organismo en desarrollo no solo en sentido físico o biológico, sino en un sentido cognitivo desarrollan formas lógicas de razonamiento más complejas y avanzadas son la asimilación y la acomodación desarrollo cognitivo representa un nivel cualitativo mayor respecto al modo de conocer o pensar formar personas competentes para desenvolverse en la incierta y cambiante sociedad en la que

vivimos. El cociente intelectual no es suficiente para garantizar el éxito académico ni profesional deben considerarse aspectos cognitivos, sociales y emocionales, las inteligencias múltiples, inteligencia emocional, creatividad y rendimiento académico, así como su relación y las diferencias, enseñar a sus alumnos a aprender a aprender para que alcancen esta meta de manera autónoma y eficaz entienden así la inteligencia y la definen como la competencia para solucionar problemas del día a día de manera creativa y flexible modificar el conocimiento que se adquiere.

El rendimiento académico comprende la interrelación entre el proceso de aprendizaje la creatividad y las inteligencias múltiples, incluida la emocional, un método de estudio por parte de estudiante requiere de hábitos de estudio que le permitan abordar su propio método de estudio, enfrentar su desempeño académico y su aprendizaje, para explicar el bajo rendimiento académico se han analizado factores como: motivaciones de estudio, habilidades de estudio, hábitos de estudio, actitudes de estudio, habilidades metacognitivas, ansiedad desarrollada durante el estudio, y profundidad de procesamiento [8].

Las razones que manifiestan los estudiantes al momento de elegir una carrera universitaria pueden estar fundamentadas en actitudes motivacionales hacia el aprendizaje y hacia la vida profesional de carácter intrínseco, o bien tener un carácter más extrínseco, la elección de unos estudios por la búsqueda de recompensas externas o la proyección de ciertos resultados, tales como alcanzar el reconocimiento y prestigio profesional u obtener un empleo bien remunerado, son entendidos como motivos extrínsecos un impacto en el proceso de transmisión de conocimientos. Por tanto, resulta necesario implementar estrategias pedagógicas que refuercen el aprendizaje ente las permanentes transformaciones ambientales, económicas, políticas, y socioculturales desde el ámbito educativo, la educación debe dirigirse hacia un desarrollo de competencias, tomando en cuenta.

6. Conclusión

La presente investigación, propuso un método para la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios. El método propuesto obtuvo como resultado un proceso de inferencia mediante el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico. Dentro de los principales resultados obtenidos se evidenció el estado del cumplimiento de los indicadores evaluativos resultado una solución que permite la evaluación de estrategia didáctica en aprendizaje de estudiantes universitarios.Los docentes deben tener en cuenta las características de aprendizaje de los alumnos con el fin de elegir y establecer estrategias de enseñanza y aprendizaje Es imperativo optar por diversas estrategias de aprendizaje para alcanzar conocimientos significativos que le permitan al estudiante la resolución de problemas en lo académico y en sus prácticas pre profesionales.

La metodología a escoger, de enseñanza y aprendizaje, cómo se va a enseñar a partir de las diferencias individuales da sentido y significado al conocimiento de manera creativa y flexible así facilita e incrementa el conocimiento que se adquiere Implementar estrategias pedagógicas innovadoras que refuercen el aprendizaje ante las transformaciones permanentes ambientales, económicas, políticas, y socioculturales. Sin motivación, el alumno no realizará un trabajo adecuado como estudiante no logra aprender, sin alcanzar competencias significativas ni aprendizajes cognitivos ni meta cognitivos. En las modalidades presenciales la utilización de las TICS, inteligencia artificial se potencializan, fomentarlo como herramientas de aprendizaje e investigación, Los docentes deben motivar a su utilización actualmente es un elemento fundamental y esencial para el aprendizaje.

Referencias

[1] D. Garrote Rojas, C. Garrote Rojas, and S. Jiménez Fernández, "Factores influyentes en motivación y estrategias de aprendizaje en los alumnos de grado," 2016.

[2] D. M. Montoya, C. D. Lubert, J. T. Chaurra, and L. S. N. Osorio, "Motivación y estrategias de aprendizaje en estudiantes de la Universidad de Caldas," *Tesis Psicológica,* vol. 13, no. 1, pp. 1-23, 2018.

[3] O. M. Cornelio, J. G. González, and I. S. Ching, "Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.

[4] E. Ruiz Carrillo, J. L. Cruz González, C. Gómez Aguirre, V. García Corona, and E. V. Lemus Amescua, "Comparación de la motivación en alumnos (as) universitarios (as) de modalidad virtual/virtual versus presencial/virtual desde el MSLQ," *Revista mexicana de investigación educativa,* vol. 27, no. 93, pp. 369-386, 2022.

[5] S. Vargas Ramírez, "La motivación de los estudiantes universitarios en la unidad de aprendizaje Estudios de Cultura y Género. Resultados del estudio de campo," *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores,* vol. 8, no. 2, 2021.

[6] B. Alemán Marichal, O. L. Navarro de Armas, R. M. Suárez Díaz, Y. Izquierdo Barceló, and T. d. l. C. Encinas Alemán, "La motivación en el contexto del proceso enseñanza-aprendizaje en carreras de las Ciencias Médicas," *Revista Médica Electrónica,* vol. 40, no. 4, pp. 1257-1270, 2018.

[7] I. P. Mallea, and L. Ruiz, "Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: Un diseño para la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 4, pp. 77-88, 2020.

[8] G. E. Beltrán Baquerizo, F. A. Amaiquema Márquez, and F. R. López Tobar, "La motivación en la enseñanza en línea," *Conrado,* vol. 16, no. 75, pp. 316-321, 2020.

[9] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[10] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[11] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[12] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[13] V. V. Falcón, B. S. Martínez, J. E. Ricardo, and M. Y. L. Vázquez, "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S3, pp. 70-78, 2021.

[14] J. Ricardo, A. Fernández, and M. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science*, pp. 151-159, 2022.

[15] M. L. Vázquez, J. Estupiñan, and F. Smarandache, "Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas," *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101,* vol. 14, pp. 01-08, 2020.

[16] A. Arquero, M. Alvarez, and E. Martinez, "Decision Management making by AHP (analytical hierarchy process) trought GIS data," *IEEE Latin America Transactions,* vol. 7, no. 1, pp. 101-106, 2009.

[17] S. E. López Cuenca, "Análisis de factibilidad y pertinencia del programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Innovación mediante el modelo AHP difuso," Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Comercial., 2017.

[18] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[19] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[20] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[21] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[22] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[23] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[24] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[25] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[26] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[27] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[28] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[29] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[30] C. Tubet Abramo, "Diseño de una metodología de evaluación de la sostenibilidad del Mix Eléctrico Nacional, basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)," 2016.

[31] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[32] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[33] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[34] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[35] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[36] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[37] W. Ho, and X. Ma, "The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research,* vol. 267, no. 2, pp. 399-414, 2018.

[38] E. H. Gonzales Aliaga, A. M. Tafur de la Torre, M. G. Figueroa Huaman, and E. L. Ames Santillan, "Rendimiento académico y hábitos de estudio en estudiantes de educación superior. Caso de estudio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos," *Conrado,* vol. 17, no. 81, pp. 17-27, 2021.

[39] J. Llanes, J. L. Méndez Ulrich, and A. Montané López, "Motivación y satisfacción académica de los estudiantes de educación: una visión internacional," *Educación XX1, 2021, vol. 24, num. 1, p. 45-68*, 2021.

[40] E. Ojo, and E. Lorenzini, "Educación superior global más allá de la pandemia en un futuro incierto," vol. 30, pp. e20210101, 2021.

[41] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[42] R. Lacuta-Borda, "El golpe de la pandemia a la salud mental en estudiantes universitarios," *Revista de la Facultad de Medicina Humana,* vol. 22, no. 4, pp. 914-915, 2022.

[43] M. Rivadeneyra-Zeña, and C. Ñique-Carbajal, "Motivación académica en estudiantes de medicina de una universidad privada de Lambayeque, Perú," *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica,* vol. 26, no. 1, pp. 13-17, 2023.

Recibido: noviembre 15, 2024. **Aceptado:** diciembre 04, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores.

Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of media pronouncements of judges in the open justice system, against its guiding principles.

Jerson Alexis Ordóñez Sarchi[1], Carmen Marina Méndez Cabrita[2] and Marco Vinicio Chulde Narváez[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. dt.jersonaos58@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.carmenmmc56@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. dt.marcovcn84@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente artículo tiene como objetivo implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores. Esta práctica, llevada a cabo por las autoridades judiciales, puede comprometer la integridad de los principios fundamentales de dicho sistema. Se investiga cómo estos pronunciamientos afectan la justicia abierta y se enfatiza la necesidad de establecer una política comunicacional efectiva que permita a los administradores de justicia interactuar de manera adecuada con los medios, sobre todo en casos de gran impacto en la opinión pública. Aunque la investigación utiliza un enfoque metodológico mixto, se centra en caracterizar el fenómeno de los pronunciamientos mediáticos en un momento específico, proporcionando una visión clara de su efecto en la justicia abierta. Se concluye que, si bien estos pronunciamientos pueden alinearse con la perspectiva contemporánea de justicia abierta, la ausencia de una política comunicacional adecuada puede llevar a errores por parte de los administradores de justicia, lo que suscita interrogantes sobre la efectividad y la integridad del accionar judicial en este nuevo contexto.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, pronunciamientos de los medios; justicia abierta; principios rectores; política de comunicación.

Abstract.
This article aims to implement a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of media pronouncements by judges in the open justice system, against its guiding principles. This practice, carried out by judicial authorities, can compromise the integrity of the fundamental principles of said system. It investigates how these pronouncements affect open justice and emphasizes the need to establish an effective communication policy that allows justice administrators to interact appropriately with the media, especially in cases of great impact on public opinion. Although the research uses a mixed methodological approach, it focuses on characterizing the phenomenon of media pronouncements at a specific time, providing a clear view of their effect on open justice. It concludes that, although these pronouncements can be aligned with the contemporary perspective of open justice, the absence of an adequate communication policy can lead to errors by justice administrators, which raises questions about the effectiveness and integrity of judicial action in this new context.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, media statements; open justice; guiding principles; communication policy.

1 Introducción

La investigación se centra en el concepto de justicia abierta, un modelo que busca fortalecer el sistema legal ante los retos del siglo XXI a través de los principios de transparencia, colaboración y participación. La Corte Nacional ha abrazado esta filosofía, orientándose hacia un sistema judicial más accesible y cercano a la ciudadanía. La justicia abierta no se limita a la custodia y tutela judicial, sino que se extiende a iniciativas como las audiencias

telemáticas, la creación de espacios académicos para la formación de futuros profesionales, y el fomento del diálogo entre jueces, abogados, investigadores y la comunidad. Este nuevo abordaje posibilita que la población esté informada sobre los actos del poder judicial, estableciendo así una relación más directa y responsable entre la justicia y los ciudadanos [1].

Sin embargo, la implementación efectiva de este modelo requiere la existencia de un marco regulatorio claro y una política comunicacional adecuada. Surge la cuestión de si los pronunciamientos mediáticos de los jueces, en este contexto de justicia abierta, podrían poner en riesgo los principios que la sustentan. Es vital considerar cómo el comportamiento de los servidores judiciales, como actores clave en esta dinámica, puede influir en la percepción social de la justicia, contribuyendo a construir o socavar la confianza en el sistema [2].

La ética judicial se erige como un componente fundamental para la consolidación de la justicia abierta, proponiendo un conjunto de normas y principios que regulan la conducta de quienes ejercen funciones en este ámbito. La necesidad de establecer canales de comunicación efectivos se vislumbra como una tarea crucial para legitimar el poder judicial, especialmente ante la creciente desinformación generada por los medios tradicionales [3]. Al considerar la correcta difusión de pronunciamientos judiciales, es esencial garantizar que la libertad de expresión de los jueces no comprometa la integridad y la imparcialidad del sistema.

Por otro lado, existen normativas tanto a nivel nacional como internacional que regulan la conducta de los jueces, enfatizando la independencia, imparcialidad y transparencia como principios esenciales. La existencia de códigos de ética y directrices internacionales, como los Principios Bangalore, subraya la importancia de una conducta responsable por parte de los servidores judiciales, estableciendo límites en su interacción con los medios. Esta investigación busca, por lo tanto, analizar cómo los pronunciamientos mediáticos de los jueces pueden alinearse con los principios de justicia abierta sin vulnerar la integridad del sistema judicial, generando así un espacio para el debate y la reflexión sobre la relación entre justicia y ciudadanía en un contexto contemporáneo [4].

Los principios rectores de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el marco de un sistema de justicia abierta incluyen la transparencia, la imparcialidad, la responsabilidad y el respeto a los derechos fundamentales. La transparencia implica garantizar que las decisiones judiciales y sus fundamentos sean comunicados de manera clara y accesible a la ciudadanía, fomentando la confianza pública en el sistema de justicia [5]. La imparcialidad exige que los jueces eviten expresiones o declaraciones que puedan interpretarse como prejuiciosas o partidistas, asegurando que su papel sea percibido como objetivo e independiente. La responsabilidad supone que los jueces actúen con prudencia y profesionalismo al interactuar con los medios, evitando comprometer la integridad de los procesos judiciales [3]. Es así que el respeto a los derechos fundamentales implica que los jueces salvaguarden la privacidad, la dignidad y los derechos de las partes involucradas en los casos, evitando juicios paralelos o declaraciones que puedan generar prejuicios en la opinión pública.

Con base a las aristas planteadas con anterioridad, la presente investigación tiene como objetivo implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método.

El método multicriterio neutrosófico para la evaluación de pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, está diseñado bajo las siguientes cualidades:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación del pronunciamiento mediático de los jueces en el sistema de justicia abierta.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de los especialistas que interactúan con el método.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta.
- El empleo de métodos multicriterios en la evaluación.

El método neutrosófico propuesto está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

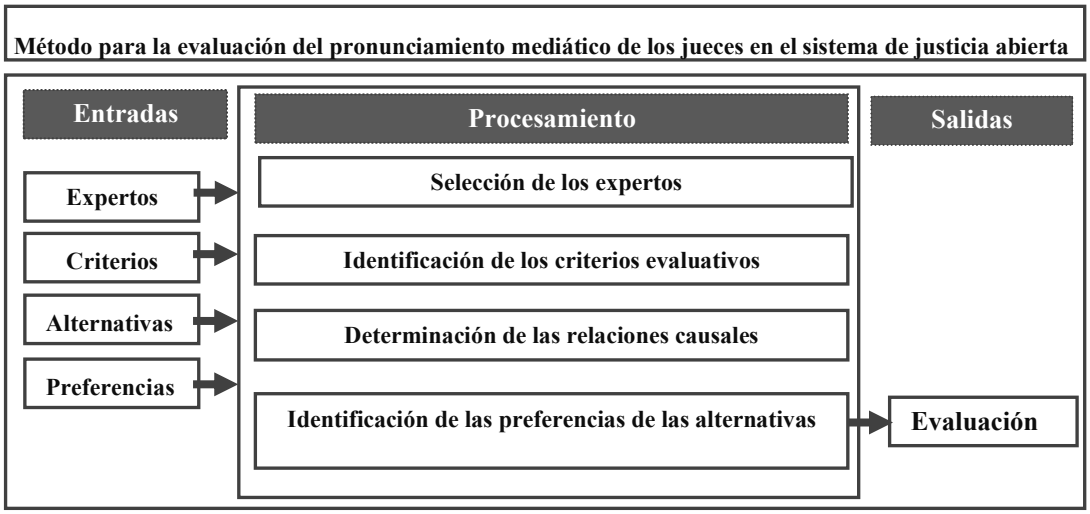

Figura 1. Esquema general del funcionamiento del método.

2.1 Descripción de las etapas del modelo

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método.
La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [6]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El proceso debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Where:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos. Los criterios nutren el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento. A partir del trabajo en grupo de los expertos se realizan las siguientes actividades [7]:

1. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión para la selección de los criterios evaluativos que sustenten la investigación. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de criterios de los expertos.
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.
3. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.

4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

La actividad obtienen como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], tal que:
$A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [8, 9]. El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Donde:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos frente a los principios rectores del sistema de justicia abierta. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

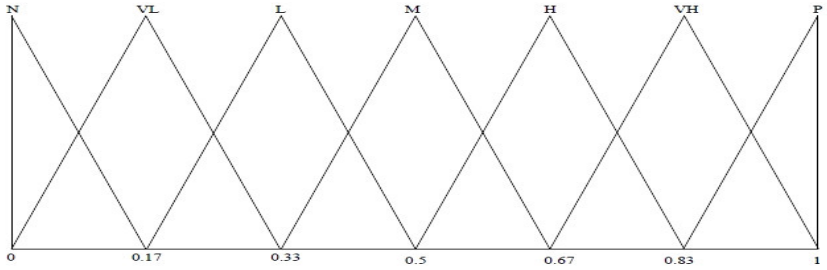

Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:
N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta frente a sus principios rectores, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa.

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información. Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos *W* definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [10]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [11].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [12].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación $f_n^w : \rightarrow$ R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:
P: conjunto de preferencias obtenidas del análisis de los criterios para evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta
w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3. Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso donde se representa un instrumento enfocado hacia el caso específico que se modela. El objeto de análisis es un caso de estudio sobre un

pronunciamiento mediático X realizado en 2024 de gran connotación en Ecuador. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 7 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 7 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 5 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 1 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 1 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 3

Tabla:

Tabla 3. Coeficiente de conocimiento por expertos**.**

1	2	3	4	5	6	7
0,90	1	1	1	1	0,80	1

Se aplicaron 4 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos y *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores Ecuatorianos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 2 expertos y *Baja* para 1 expertos.
- Sobre la pregunta 3. Contacto directo con casos polémicos de pronunciamiento mediático: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 1 expertos y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento del estado actual del cumplimiento de los principios rectores de la justicia abierta: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 2 expertos y *Baja* para 1 experto.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar los 7 expertos previstos inicialmente.

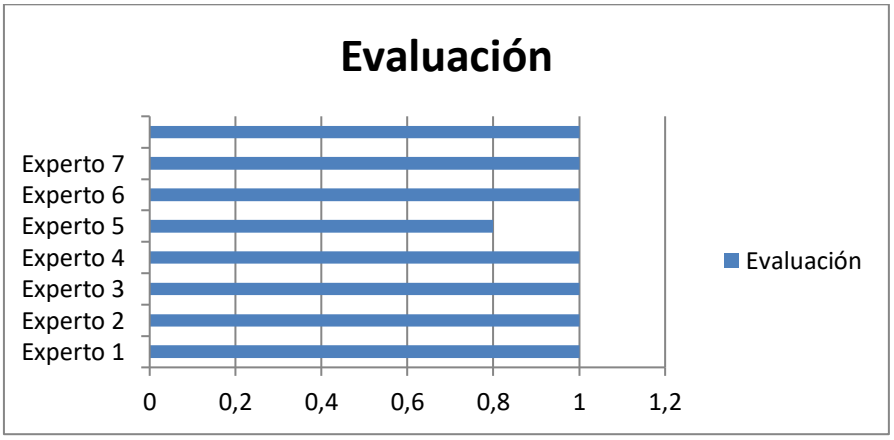

Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 4 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 4: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios	Descripción
C_1	Claridad del lenguaje	Evalúa si el mensaje es comprensible para la ciudadanía en general, evitando tecnicismos legales excesivos o ambigüedades que dificulten su interpretación.

ID	Criterios	Descripción
C_2	Objetividad del contenido	Verifica si el pronunciamiento se basa únicamente en hechos y fundamentos legales, sin incluir opiniones personales o juicios de valor que comprometan la imparcialidad del juez.
C_3	Transparencia de la información	Analiza si la declaración proporciona detalles relevantes sobre la decisión judicial, explicando sus fundamentos de manera suficiente y accesible, en línea con el principio de justicia abierta.
C_4	Respeto a los derechos de las partes	Considera si el pronunciamiento evita vulnerar la privacidad, dignidad o presunción de inocencia de las partes involucradas, asegurando que se mantengan los derechos fundamentales.
C_5	Prudencia en el contexto mediático	Valora si el juez ha sido cauteloso al considerar el impacto potencial de sus declaraciones en la percepción pública y en el desarrollo de los procesos judiciales.
C_6	Consistencia con los principios éticos y legales	Examina si el pronunciamiento respeta los códigos de ética judicial y las normativas aplicables, promoviendo confianza y legitimidad en el sistema de justicia.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9, se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 5 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad. Se llegó al consenso en la tercera iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

Tabla 5: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[0.8,0,15,0.20]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 6 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 6: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

Número	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0.85,0,15,0.20]
C_2	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70,0.25,0.30]	[0.8,0,15,0.20]
C_5	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70,0.25,0.30]	[0.8,0,15,0.20]
Índice			[0.84,0,15,0.20]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

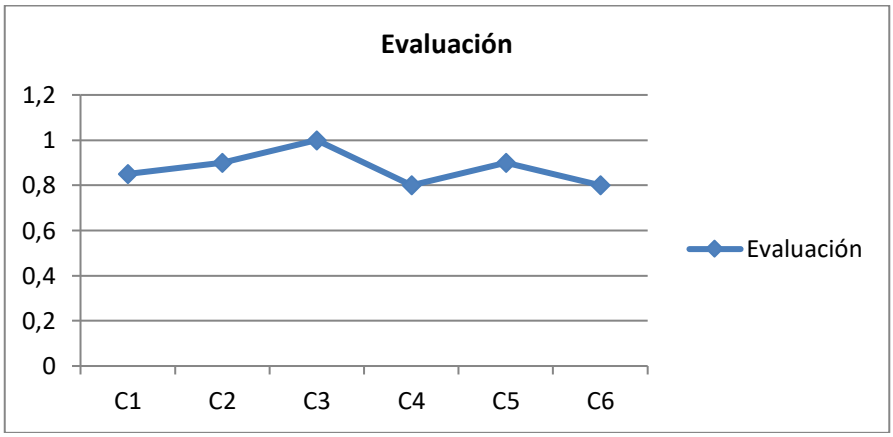

Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

A partir de los datos presentados en la tabla 5, se identifica un índice de la propuesta de método multicriterio neutrosófico para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta en el caso de análisis de un II 0,84. Los resultados obtenidos son valorados como un índice medio lo que determina que el caso de análisis posee una condición delicada y comprometida en cuanto a los principios rectores de la justicia abierta.

Para corroborar los resultados de la implementación del método neutrosófico propuesto, se aplicó una encuesta dirigida a 50 profesionales del derecho, con conocimiento previo de la justicia abierta. El propósito de la ejecución de los instrumentos fue el de recopilar información referente a la implementación de pronunciamientos mediáticos por parte de los jueces, mismos que han estado relacionados con temas que tienen un fuerte impacto en la opinión pública. Los resultados de la encuesta reflejan diversas perspectivas sobre el impacto de los medios y la comunicación de los jueces en el sistema de justicia ecuatoriano, los cuales se resumen a continuación, agrupados en cinco áreas:

1 Influencia de los medios en la percepción ciudadana: El 84% de los encuestados considera que los medios de comunicación tradicionales tienen un rol significativo en moldear una percepción negativa del sistema de justicia. Esto sugiere que los medios actúan como un puente entre la ciudadanía y el sistema judicial, pero que su influencia puede ser sesgada o malinterpretada, lo que demanda estrategias comunicacionales más efectivas y transparentes desde el sistema de justicia. Por otro lado, el 16% que niega este impacto puede indicar que algunos ciudadanos perciben el sistema de justicia más allá de lo transmitido por los medios.

2 Declaraciones de los jueces en la palestra pública: El 60% de los encuestados cree necesaria la participación pública de los jueces mediante declaraciones oficiales, especialmente en casos de alto impacto. Esto resalta la importancia de que los juzgadores actúen como voceros institucionales para generar confianza y comprensión en la ciudadanía. Sin embargo, el 40% que considera innecesaria esta intervención evidencia preocupaciones sobre la posible vulneración de principios como la imparcialidad o el riesgo de juicios paralelos en los medios.

3 Adopción de la justicia abierta: Un 88% apoya la adopción de la filosofía de justicia abierta como medio para fortalecer la confianza ciudadana. Este resultado subraya el valor que los encuestados atribuyen a la transparencia, la rendición de cuentas y la participación como pilares esenciales de un sistema judicial confiable. El 12% restante podría reflejar escepticismo frente a la implementación efectiva de esta filosofía o dudas sobre su impacto real en la percepción pública.

4 Falta de políticas comunicacionales y principios rectores: La abrumadora mayoría, el 92%, percibe que la ausencia de una política comunicacional adecuada para los jueces afecta principios fundamentales como la imparcialidad e independencia, establecidos en el Código Orgánico de la Función Judicial (COFJ). Este resultado pone de manifiesto la necesidad urgente de diseñar y aplicar estrategias comunicacionales claras que prevengan riesgos éticos y promuevan la confianza institucional. Por su parte, el 8% que niega esta afectación sugiere una percepción de mayor solidez en los principios rectorales del sistema judicial.

5 Impacto de los pronunciamientos mediáticos en los principios de justicia abierta: El 64% de los encuestados considera que las declaraciones mediáticas de los jueces refuerzan los principios de transparencia, participación y rendición de cuentas, promovidos por la justicia abierta. Este resultado resalta la percepción positiva sobre el potencial de estas prácticas para mejorar la relación entre ciudadanía y justicia. Sin embargo, el 36% restante demuestra inquietudes sobre la efectividad de estos pronunciamientos o sus posibles implicaciones negativas, lo que subraya la necesidad de un manejo comunicacional más profesional y equilibrado.

4. Discusión

El paradigma de Justicia Abierta ha emergido como un nuevo marco de referencia en el ámbito de las instituciones relacionadas con el derecho. Este concepto se desarrolló en consonancia con el decimosexto objetivo de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, cuyo propósito es fomentar una sociedad equitativa, pacífica e inclusiva [13]. Por consiguiente, la Justicia Abierta representa una iniciativa significativa que busca cambiar la perspectiva en el ámbito judicial. La adopción de esta filosofía de justicia se manifiesta en respuestas afirmativas, lo que contribuye a despejar incertidumbres y controversias en las actuaciones realizadas por las diversas instituciones involucradas [4].

El presente estudio identificó un punto de partida para abordar la problemática planteada, enfocándose en la influencia ejercida por los medios de comunicación tradicionales en la percepción deteriorada que la ciudadanía tiene de la justicia, esta influencia es palpable. Se puede inferir que el sensacionalismo y el amarillismo utilizados por los medios tradicionales para atraer la atención del público pueden generar una percepción distorsionada y crear un ambiente de desconfianza. Esta constatación coincide con la premisa central del problema de investigación, que se centra en la influencia de los medios tradicionales en la percepción ciudadana y su impacto en la imagen de la justicia [3].

La influencia de los medios tradicionales en la percepción de las decisiones judiciales se confirma, respaldando la idea de que la información mediática influye en cómo la ciudadanía percibe estas decisiones. Este planteamiento se ajusta al problema de investigación, que examina la influencia de los medios en la percepción ciudadana y cómo esto afecta la imagen del sistema judicial. No obstante, se debe considerar que la atención mediática puede socavar la autonomía e independencia de los jueces [5], lo cual también es coherente con el problema de investigación.

El registro de procesos judiciales realizado por funcionarios judiciales se considera opcional, lo que implica que deben llevarse a cabo con base en principios como el debido proceso, la transparencia y la eficacia para generar confianza entre los ciudadanos [2]. Existe una aceptación positiva respecto a la implementación de pronunciamientos mediáticos por parte de los jueces para promover la transparencia, la participación y la rendición de cuentas. Estas acciones resultan en una percepción más favorable de las actuaciones judiciales por parte de la ciudadanía.

Por otro lado, abrir el sistema de justicia a la esfera pública, a través de los administradores de justicia, plantea desafíos, ya que la intencionalidad de los medios tradicionales, puede afectar los principios rectores del comportamiento judicial. Adicionalmente, los administradores de justicia deben seguir pautas al emitir pronunciamientos sobre temas de interés [1].

5. Conclusión

A partir de la implementación del método propuesto, se obtienen vectores de pesos de agregación para la evaluación de los pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores. Se obtuvo como resultado del método la participación desinteresada de 7 expertos de los cuales todos contribuyeron con la investigación a partir de su coeficiente de competencia para la implementación del método propuesto.

En el contexto de la justicia abierta, surgen formas innovadoras y, en ese marco, los pronunciamientos mediáticos desempeñan un papel significativo. Se determinó que estos pronunciamientos responden a la perspectiva de la justicia abierta; sin embargo, la falta de una política comunicacional podría llevar a errores por parte de los administradores de justicia, poniendo en entredicho su accionar en el sistema judicial.

Es importante destacar que este tema ha generado debates intensos a lo largo del tiempo, el sistema de justicia ha sido objeto de una percepción errónea en la opinión pública debido a la errada difusión mediática de las actuaciones judiciales. Por lo tanto, el debate surge al cuestionar la posibilidad de cambiar la percepción de la justicia para mejorar su imagen y el funcionamiento en su conjunto. Cabe destacar que de llegarse a implementar políticas que regulen la difusión mediática que involucren a los administradores de justicia, especialmente en casos que generen un fuerte impacto en la opinión pública, podría generar una percepción distinta en la ciudadanía sobre cómo se desarrollan los casos en el sistema de justicia ecuatoriano.

La escasa política comunicacional los vuelve vulnerables ya que corren el riesgo de expresar sus criterios ante la opinión pública. Por esta razón, explorar este tema puede mejorar la relación deseada debido a la implementación de la justicia abierta en Ecuador. Por ende, se propone establecer una guía de comunicación mediática con el objetivo de aumentar la participación activa de los jueces en la esfera pública.

Referencias

[1] M. Legg, and A. Song, "The courts, the remote hearing and the pandemic: from action to reflection," *University of New South Wales Law Journal, The,* vol. 44, no. 1, pp. 126-166, 2021.

[2] M. Legg, "The COVID-19 pandemic, the courts and online hearings: Maintaining open justice, procedural fairness and impartiality," *Federal Law Review,* vol. 49, no. 2, pp. 161-184, 2021.

[3] J. A. Ordoñez Sarchi, “Pronunciamientos mediáticos de los jueces en el sistema de justicia abierta, frente a sus principios rectores,” 2023.

[4] K. M. Aguayo, and F. S. Pinto, “Análisis de la aplicación del principio de objetividad por parte de la fiscalía general del estado del Ecuador,” *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 4, pp. 403-413, 2024.

[5] M. Salazar, “Autonomía e independencia del poder judicial Peruano en un estado social y democrático de derecho,” *Revista Ciencia y Tecnología,* vol. 10, no. 2, pp. 147-161, 2014.

[6] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[7] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, “Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[8] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[9] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[10] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, “Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map,” *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[11] R. R. Yager, and D. P. Filev, “Induced ordered weighted averaging operators,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[12] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, “Ordered weighted averaging aggregation on convex poset,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[13] J. E. Velásquez García, “Análisis de los principios de justicia abierta para su aplicación en la Junta Nacional de Justicia del Perú,” 2021.

Recibido: noviembre 16, 2024. **Aceptado:** diciembre 05, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método para la recomendación sobre el uso de la inteligencia artificial y sus consecuencias en los derechos de autor en el Ecuador.

Method for the recommendation on the use of artificial intelligence and its consequences on copyright in Ecuador.

Hendry Francel Cadena Sayavedra[1], Andrea Katherine Bucaram Caicedo[2] and Santiago Fernando Fiallos Bonilla[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. da.hendryfcs66@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.andreabucaram@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec

Resumen. La revolución de la inteligencia artificial (IA) está transformando la economía digital de bienes inmateriales, creando interrogantes sobre su cumplimiento con los derechos de autor en Ecuador. A medida que las decisiones algorítmicas generan creaciones intelectuales de forma autónoma, se plantean desafíos en torno a la propiedad intelectual, ya que la IA puede replicar obras de autores humanos, lo que complica la atribución de derechos de autor. La doctrina sugiere que es difícil otorgar derechos de autor a un software inteligente debido a la ambigüedad en la normativa actual, lo que deja un vacío legal en la regulación de la IA y sus implicaciones sobre derechos constitucionales. Para abordar esta situación, algunos organismos están considerando nuevas legislaciones, mientras que otros optan por adaptar marcos jurídicos existentes. Algunas propuestas incluyen la creación de un derecho *sui generis* para la IA, definiendo su titularidad y derechos asociados. Este artículo científico tiene como objetivo implementar un método para la generación de recomendaciones sobre el uso de la IA y su impacto en la protección de los derechos de autor en el Ecuador, integrando Números Neutrosóficos de Valor Único para una mejor evaluación.

Palabras Claves: Derechos de autor, Inteligencia Artificial, sistema de recomendación, números neutrosóficos.

Abstract. The artificial intelligence (AI) revolution is transforming the digital economy of intangible goods, raising questions about its compliance with copyright in Ecuador. As algorithmic decisions autonomously generate intellectual creations, challenges arise around intellectual property, since AI can replicate works by human authors, complicating the attribution of copyright. Doctrine suggests that it is difficult to grant copyright to intelligent software due to ambiguity in current regulations, leaving a legal vacuum in the regulation of AI and its implications on constitutional rights. To address this situation, some agencies are considering new legislation, while others choose to adapt existing legal frameworks. Some proposals include the creation of a sui generis right for AI, defining its ownership and associated rights. This scientific article aims to implement a method for generating recommendations on the use of AI and its impact on the protection of copyright in Ecuador, integrating Unique-Valued Neutrosophic Numbers for a better evaluation.

Keywords: Copyright, Artificial Intelligence, recommendation system, neutrosophic numbers.

1 Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) representa una de las innovaciones tecnológicas más significativas del siglo XXI en la era digital. El término fue introducido en 1956 por John McCarthy en la conferencia de Dartmouth, y su influencia en el ámbito legal está en auge. Esta tecnología fue concebida para abordar y optimizar problemas sociológicos, creando bienes inmateriales de manera automatizada, similar a un ser humano. Hasta ahora, la titularidad de estas creaciones se ha atribuido a autores físicos, garantizando su protección bajo las normativas de derechos de autor. No obstante, la IA plantea un debate entre una perspectiva progresista que busca otorgar derechos a sistemas inteligentes y una visión antropológica de la misma. Actualmente, no existe una definición precisa de la IA debido a su complejidad. En [1], se define como la capacidad de las máquinas para aplicar algoritmos,

aprender de datos y tomar decisiones como lo haría un ser humano. La IA es el resultado de la combinación de datos y algoritmos, lo que permite que el software actúe de manera autónoma gracias a estos patrones [2].

De acuerdo con el Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Art. 102) los derechos de autor "nacen y se protegen por el solo hecho de la creación de la obra" [3], esto según la RAE (2022) seria al momento de producir algo nuevo, sin embargo, si la IA crea o produce obras de forma originaria, y el derecho de autor surge en virtud de la originalidad, entonces, por qué no se provee derechos a la IA, parecería fácil la respuesta, no obstante, a pesar que nace de la originalidad un bien inmaterial según el referido Código (Art. 108) solo "una persona natural puede ser autor"; y adjudicarle derechos. Según juristas expertos, la originalidad es un punto controversial, ya que, algunos bienes "creativos" generados por la IA; obras originales, podrían quedar desprovistos de protección jurídica precisamente porque la participación humana es mínima o nula [4].

Las legislaciones a nivel global, reconocen y protegen el derecho de autor a obras creadas por seres humanos, lo cual plantea un problema y este surge cuando una obra es creada parcial o completamente por una IA, que ha sido cuestionada, ya que, se basan en algoritmos creados por las empresas desarrolladoras, lo que generar conflictos en atribuir la titularidad de los derechos de autor, puesto que, estas están entrenadas y otorgadas información de una base de datos preexistente a sus IA, pues, varios expertos analizan la posibilidad de otorgarles derechos especiales. En la India o Irlanda según su ley de la Inteligencia Artificial recogida de la legislación de Reino Unido, atribuye "la titularidad de derecho de autor a la persona que utilice inteligencia artificial en cualquier especie de creaciones intelectuales", es decir, motiva su uso y podría posibilitar la atribución de estos derechos a un autor no humano [5].

Un derecho fundamental es un atributo inherente personalísimo vinculado a su dignidad humana, el cual representa una condición básica para la unidad y goce de sus derechos. De manera que garantizarlo es significativo, puesto que, se pondera como el factor principal ante cualquiera vulneración. Así encontramos que la IA afectaría a derechos positivizados, advirtiendo según expertos la necesidad de crear preceptos normativos, pues, el derecho debe salvaguardar bienes universales. En este sentido se debe regular la inteligencia artificial, estableciendo normas y principios éticos que orienten el desarrollo y el uso de la IA de forma que se respeten los Derechos Humanos [6].

El problema se insta en la posible afectación generada por las obras creadas por la IA en base a datos existentes o el alcance que esta tendría, con respecto a los derechos de autor, lo cual pone en riesgo de proteger a las obras de autor original o el alcance que podría generarse o atribuirse, en virtud de lo cual requiere una investigación sobre en la faceta del derechos autor, como veremos a continuación, este es un ámbito de profundo análisis, puesto que, a pesar que algunas legislaciones lo han tratado, hasta ahora, no se ha determinado una especificidad de expresiones ambiguas existentes, así como la facultad de otorga derechos *sui generis* a la IA.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es implementar un método para la generación de recomendaciones sobre el uso de la IA y su impacto en la protección de los derechos de autor en el Ecuador, integrando Números Neutrosóficos de Valor Único para una mejor evaluación.

2. Preliminares

La inteligencia artificial (IA) se define como un software, aplicación o sitio web que emula comportamientos de creación de obras o bienes inmateriales, similar a la producción humana. Este sistema está compuesto por algoritmos que pueden ser entrenados con una dimensión analítica y crítica, lo que les permite imitar aspectos del razonamiento humano, aunque sigue siendo un sistema de software en su acepción más pura. Como rama de la informática, la IA tiene la capacidad de realizar diversos tipos de razonamientos relacionados con interpretaciones, decisiones, solución de problemas y aprendizaje [7].

Dentro de este ámbito, se encuentra el Machine Learning, que implica el uso de técnicas estadísticas y algoritmos computacionales para otorgar a las máquinas la capacidad de aprender y mejorar sus resultados mediante el procesamiento de datos, sin necesidad de instrucciones externas [8]. Además, el Deep Learning o redes profundas se refiere a modelos algorítmicos que generan obras a partir de datos de entrada. El éxito de estas redes radica en la disponibilidad de conjuntos de datos masivos, ya que su rendimiento mejora al contar con una mayor cantidad de información. En este contexto, las emergentes redes neuronales artificiales representan una nueva manera de explotar la información en la economía inmaterial de la sociedad digital, y es evidente que este ámbito jugará un papel importante en el desarrollo del derecho en el futuro [9].

Las consecuencias de la IA implican indagar quien es el autor verdadero de una obra creada por una IA. Actualmente, en casi todas las legislaciones del mundo, solo se reconoce el derecho de autor en obras creadas por humanos; lo cual plantea un problema cuando una obra es creada completamente por una IA. La titularidad de autor en obras generadas por la IA también puede ser cuestionada, ya que, con frecuencia se basan en algoritmos creados y entrenados por las empresas propietarias de su IA. Esto implica un análisis respecto; si sería correcto adjudicar la titularidad a estas empresas, o lo harían a los usuarios que solicitan la creación de una obra inmaterial a la IA, lo cual, significaría que la norma está protegiendo a un autor falso, y no a quien realmente lo realiza. Esto

obligaría evidenciar que el autor utiliza esta tecnología en sus creaciones como su principal fuente o complementaria, lo cual, incurre en un problema de origen de las empresas de la IA, ya que, entrega información y no garantiza el uso adecuado o su correspondiente cita como un medio tradicional de la Internet, pues, en la actualidad se desconoce específicamente quién crea el bien inmaterial; si es la IA o el usuario del algoritmo inteligible, a quien se debería proteger [8].

De modo general, este problema sería mitigado a través de medidas o propuesta de exortamiento a las empresas de la IA, para que en ellas desarrollen mecanismos de restricción de la información y antes de otorgarse se puedan definir cuál sería su finalidad y, con esto proporcionar la misma, otra seria la formulación de citas y referencias sobre el uso de este medio como una fuente tradicional, ya que, estos sistemas son los que crean la estructura, razonamientos o análisis inteligibles. Para garantizar aquello, es preciso promover generadores de plagio de la IA, y determinar el uso de la misma y proveer un porcentaje máximo. De esta que, se tratara de garantizar que los nuevos surgimientos tecnológicos se armonicen con los derechos de autor.

Otro de los problemas recae en el mal uso de esta tecnología para parafrasear o cambiar la estructura u orden de ideas de un cualquier bien inmaterial, con el propósito de no incurrir en un plagio, con esto se indagaría si cumple la finalidad de los mecanismos de detención de plagio. De lo contrario, esta tecnología crearía trabajos con la simple opción de ingresar y requerir la información, lo cual, jurídicamente causa una interrogante respecto a la utilidad de la norma y si se está tutelando a un autor real, así como la tutela de los derechos de autor, tal como se dijo anteriormente, en varios países se discute si la IA merece la calidad de autor o se mantiene con la visión de la IA Antropológica.

El estudio exploratorio de la génesis de la IA plantea la representación de un entorno con características; inteligibilidad, autonomía, resultado concreto y sistema digital. Su relevancia recae en el que el autor podría tener una pretensión de que su obra tenga una protección en el campo del copyright. Para efectos explicación, un escritor está creando una obra para acreditarle derecho de autor, pero, si no sabe cómo iniciar, continuar o proseguir, acudiría a consultar aquellos datos en la IA, el cual, le proporciona una respuesta idónea, y él podría continuar con la escritura y concluir con las argumentaciones. Por lo tanto, la IA razona parcialmente y genera apoyo inteligible, pero es el escritor quien escribe esas ideas y los divulgaría. Sin dudas es un resultado asistido por la IA. Lo cual, permite afirmar que la IA ha redefinido la creatividad de los autores.

Es fundamental analizar la realidad socio digital, pues, este un tema que va más allá de una mera tipificación, puesto que, el propósito es determinar la dirección que desembocara en el futuro los derechos de autor respecto a la IA, en el campo de la ciencia jurídica, por lo tanto, no existe una única corriente en cuanto a cómo proteger los derechos de autor de la inteligencia artificial, pues, en legislaciones más avanzadas aún no han conseguido definir una certeza jurídica sobre la IA, puesto que, hay un gran debate sobre; una visión progresista de atribuir derechos de autor a la IA, que exigen que la norma lo debería proveer, y otra ideología antropológica, a pesar de su evolución, la visión conexionista se funda en que el humano adquiere conocimientos de múltiples vías, pero la titularidad es exclusiva del autor físico, y con la aparición de ordenadores intelectuales se relaciona la Antropología Social con la IA [5].

En este contexto, la implementación de un método para la recomendación sobre el uso de la IA en los derechos de autor en el Ecuador es esencial para abordar los desafíos emergentes que plantea la IA. La rápida evolución de las tecnologías de IA ha generado incertidumbre sobre cómo equilibrar la protección de la propiedad intelectual con la innovación tecnológica. Integrar Números Neutrosóficos de Valor Único en la evaluación permite un análisis más preciso y flexible, considerando las diversas dimensiones de los impactos de la IA y contribuyendo a la elaboración de políticas públicas que protejan tanto los derechos de autor como fomenten el desarrollo tecnológico responsable.

3. Materiales y métodos

El proceso de recomendación sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y su impacto en la protección de los derechos de autor en Ecuador puede ser conceptualizado como un problema de toma de decisión multicriterio. Esto se debe a la complejidad inherente a la intersección entre la tecnología y el marco legal actual. La implementación de la IA introduce numerosas variables que deben ser consideradas, tales como la eficacia de la protección de los derechos de autor, la innovación tecnológica, y la posible desventaja competitiva para los autores tradicionales. Al aplicar un enfoque multicriterio, es posible evaluar y ponderar cada uno de estos factores de manera sistemática, lo que permite a los legisladores y reguladores identificar soluciones equilibradas que consideren tanto el impulso a la creatividad y la innovación, como la salvaguarda de los derechos de los autores [10]. Formalmente, un problema de toma de decisiones en el contexto del uso de la inteligencia artificial (IA) y su impacto en la protección de los derechos de autor se puede representar como:

- Un conjunto de alternativas que representan las posibles regulaciones y enfoques para la implementación de la IA en este ámbito $A = \{A_1, \dots A_n\}, n \geq 2$ que se encuentran caracterizadas por:
- Un conjunto de criterios que influyen en estas posibles regulaciones $C = \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2$;

3.1 Métodos Multicriterio

Los problemas de toma de decisiones pueden clasificarse según las variables involucradas en el proceso, distinguiéndose entre ambientes monocriterio y multicriterio. En un ambiente monocriterio, existe una única variable que determina el comportamiento en el análisis de alternativas, lo que genera una relación directa y clara entre esa variable y el resultado esperado. En este contexto, se cumple la condición p → q, donde *p* representa el estado de la variable objeto de estudio y *q* es el resultado derivado de dicha variable. Esto implica que cualquier valor que adopte la variable tendrá un impacto positivo o negativo en la consecución del objetivo o la elección de la alternativa. Esta simplicidad en la relación permite a los decisores identificar rápidamente las implicaciones de sus elecciones, facilitando el proceso de decisión. Sin embargo, esta estructura también limita la consideración de otros factores relevantes que podrían influir en el resultado, lo cual es un aspecto que puede ser crucial en situaciones más complejas, donde múltiples variables interactúan de manera significativa. En consecuencia, aunque el enfoque monocriterio puede ser útil en problemas simples, a menudo no refleja la realidad de decisiones más complejas que requieren un análisis más profundo y un enfoque multicriterio[11].

Los operados de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [12, 13] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único. Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada [14-16], tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \tag{1}$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información *Ordered Weighted Averaging,* (OWA por sus siglas en Inglés), Media Ponderada Ordenada propuesto por [17], permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión [18].

3.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La neutrosofía consiste en la representación de la neutralidad, fue propuesta por Smarandache [19]. Representa las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [20]. La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [21]:

Definición 2. Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [22] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [23] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [24, 25].

Definición 3. Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \tag{3}$$

Donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x),: X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

4. Método para la recomendación sobre el uso de la IA y sus consecuencias en los derechos de autor en el Ecuador

En la presente sección se describe el funcionamiento del Método para la recomendación sobre el uso de la IA y sus consecuencias en los derechos de autor en el Ecuador. Este método se considera especialmente importante, dada la creciente integración de la IA en diversas áreas de la economía y la creación artística ha puesto de manifiesto la urgente necesidad de analizar su uso y las consecuencias que conlleva en la protección de los derechos de autor en Ecuador. A medida que las tecnologías de IA generan obras creativas de forma autónoma, surge el desafío de determinar quién es el verdadero autor y cómo se deben atribuir los derechos sobre estas creaciones. Dada la falta de claridad en el marco legal actual, que mayormente reconoce los derechos de autor solo a los humanos, es vital revisar y adaptar las normativas existentes para abordar las complejidades que presenta la IA. Este análisis no solo es crucial para garantizar la protección de los autores tradicionales, sino que también es fundamental para

fomentar un entorno que estimule la innovación y respete los derechos de todos los creadores involucrados. En este sentido, abordar las implicaciones legales del uso de la IA se convierte en una tarea imprescindible en la búsqueda de un equilibrio entre el progreso tecnológico y la salvaguarda de la propiedad intelectual en el país.

El método está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

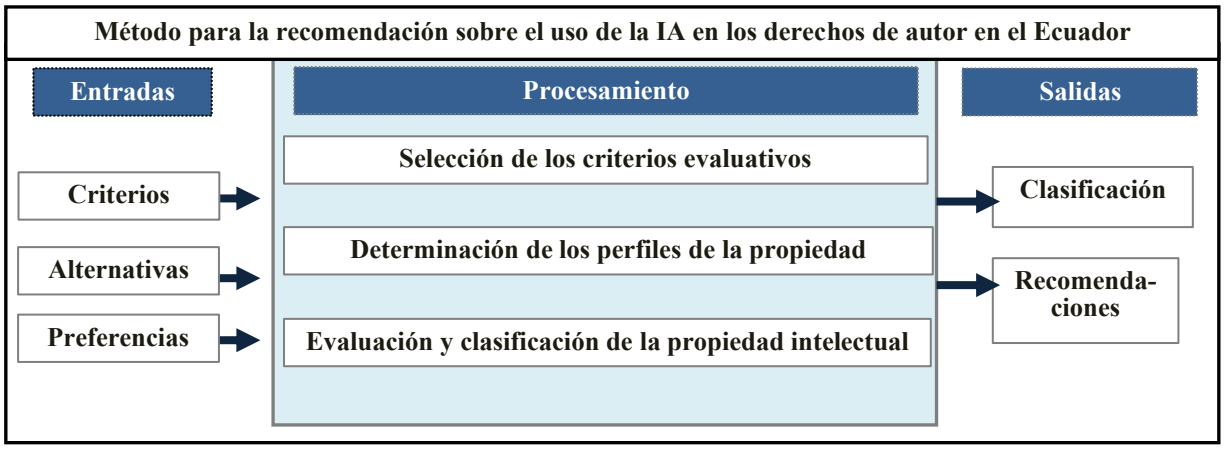

Figura 1: Estructura general del funcionamiento para el método propuesto.

4.1 Descripción de las etapas del método

Entrada de información: La entrada de información permite la introducción de los diferentes datos que son necesarios en el proceso de toma de decisiones. Los datos representan la principal fuente de información a ser utilizada en la etapa de procesamiento. En la propuesta, existen datos introducidos por el usuario tales como tipo de obra, autenticidad de la creación, contribuciones externas, uso de la IA, y objetivo de uso; y las alternativas objeto de decisión del proceso de inferencia [26].

Procesamiento de información: representa la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a partir de un método de inferencia utilizado que ejecuta una secuencia de operaciones. El procesamiento es la característica que permite la transformación de datos almacenados en información organizada con un objetivo específico [27].

Salida de información: garantiza la representación del resultado generado a partir del procesamiento realizado. Permite devolver el comportamiento de las alternativas a partir del proceso de inferencia realizado mediante las variables objeto de estudio.

4.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades: (i) identificación de los criterios evaluativos; (ii) determinación del perfil de la propiedad intelectual; (iii), evaluación y clasificación de la propiedad intelectual; y (iv) la generación de recomendaciones. Estas actividades soportan el proceso de toma de decisiones del método [28]. A continuación se describen cada una de ellas:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describen el caso de propiedad intelectual en debate. Representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil C_i.

Determinación del perfil de la propiedad intelectual: el perfil se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \quad (4)$$

Las valoraciones de las características de los casos a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [29-32]. La descripción de las características está asociada al conjunto de casos de propiedad intelectual que representan las alternativas del proceso[33, 34].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (5)$$

Evaluación y clasificación: para la evaluación y clasificación de los casos de propiedad intelectual mediante números SVN [35, 36], se tiene:

Sea:

$A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN,
tal que:
$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$,
j=(1,2, … , n),
$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.
tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [36]:

$$d_i=\left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [37], [23]. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante perfil del caso (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas. La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \quad (10)$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias $\mathrm{Pre_y}$ que una sobre el comportamiento del caso de propiedad intelectual, donde:

$\left[Pre_y\right]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de $\mathrm{Pre_y}$.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación del uso de la IA en los derechos de autor en el Ecuador, se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = \left[Pre_y, W_z\right] \quad (11)$$

Donde:
Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.
W_z : representa el vector de peso referido por $_{z.}$

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil de los casos de propiedad intelectual en análisis y es ordenada de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

5. Resultados y discusión

La presente sección describe un ejemplo para demostrar la aplicabilidad del Método para la recomendación sobre el uso de la IA en los derechos de autor en el Ecuador. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores. Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. El objetivo es evaluar las preferencias sobre los indicadores que representa la recomendación sobre el uso de la IA. Los criterios evaluativos son representados por los principales indicadores de calidad.

Los expertos expresan la valoración del cumplimiento de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [36].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)

Término lingüístico	Números SVN
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de casos de propiedad intelectual que representan las alternativas tal como se refiere a continuación:$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$; que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos $C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,} c_5\}$ que se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios evaluativos.

ID	Criterio	Descripción
c_1	Adecuación legal y normativa	Este criterio evaluará el alineamiento del uso de la IA con las leyes y normativas nacionales e internacionales sobre derechos de autor, como la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador y los tratados internacionales relevantes. Se analizará si el uso de la IA respeta las normativas legales existentes y si es necesario realizar ajustes para adaptarse a las nuevas tecnologías.
c_2	Transparencia y trazabilidad de los procesos	Este criterio examinará cómo los sistemas de IA revelan y documentan su proceso de creación, modificación y reutilización de contenido. Se evaluará la capacidad de las herramientas de IA para proporcionar información clara y verificable sobre el origen del contenido generado y las obras de autor involucradas, garantizando que los autores puedan ejercer sus derechos con conocimiento completo del uso que se hace de sus creaciones.
c_3	Equidad en la distribución de beneficios	En este criterio se evaluará cómo el uso de la IA impacta la distribución de beneficios dentro de la industria creativa, analizando si las herramientas de IA benefician de manera justa a los creadores de contenido. Se considerarán las dinámicas de remuneración, la protección de los ingresos de los autores y la promoción de un entorno equitativo para los creadores, incluidos los derechos de los creadores individuales
c_4	Riesgos y beneficios para la creatividad y la innovación	Este criterio evaluará los efectos potenciales de la IA sobre la creatividad y la innovación en el sector. Se considerarán tanto los riesgos, como la posible desvalorización de la autoría o la producción masiva sin valor creativo, como los beneficios, como la democratización de la creación y la mejora en los procesos creativos mediante el uso de herramientas basadas en IA.
c_5	Impacto social y cultural	Se evaluará cómo el uso de la IA en la generación de contenido afecta a la sociedad y la cultura ecuatoriana en términos de acceso a la cultura, diversidad creativa y preservación del patrimonio intelectual. Este criterio buscará garantizar que el uso de la IA no limite la accesibilidad de las obras protegidas ni promueva la homogeneización de la cultura, favoreciendo una pluralidad cultural y un acceso justo a la creación artística.

La Tabla 3 muestra la vista de datos utilizadas para el presente caso de estudio.

Tabla 3: Vista de datos de los casos de propiedad intelectual.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	MB	MB	MD	MB	B
a_2	M	MMB	M	B	M
a_3	MB	MMB	MB	MB	M

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_4	M	MB	MD	M	M
a_5	B	MMB	MB	B	B
a_6	MB	MB	B	MMB	MB
a_7	M	M	M	B	M

Si un miembro del equipo evaluador u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\text{MB}, \text{MMB}, \text{MB}, \text{MB}, \text{M}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil de casos y los almacenados en la base de datos.

Tabla 4: Similitud entre los casos almacenados y el caso de propiedad intelectual suministrado por el evaluador.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.25	0.15	0.98	0.30	0.40	0.20	0.25

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil del caso de propiedad intelectual, posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

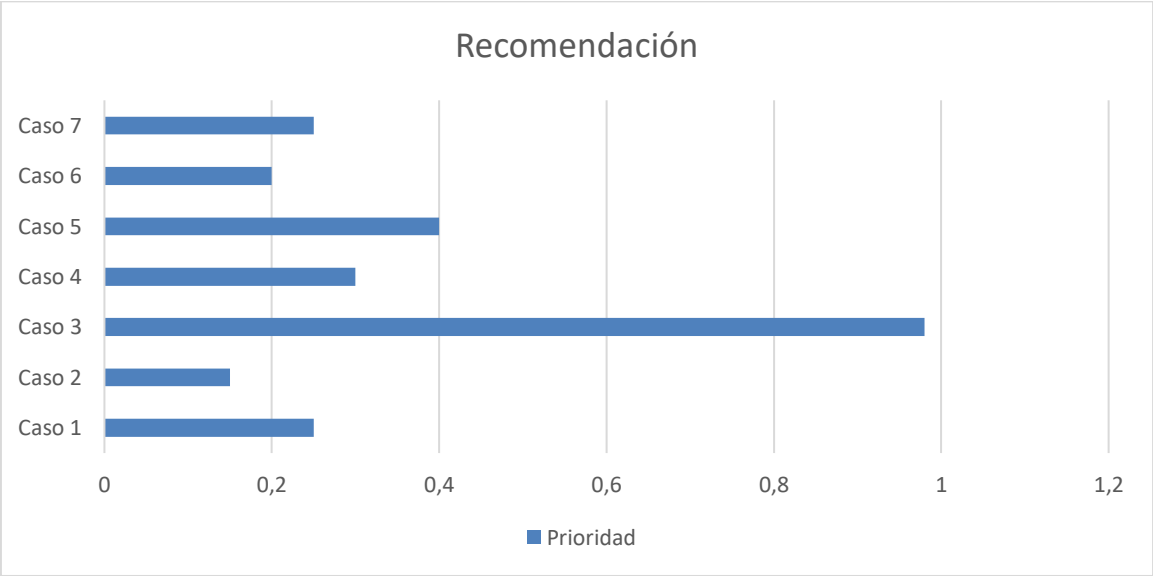

Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles de casos de propiedad intelectual resultantes, son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_3, a_5, a_4\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos casos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_3, a_5$$

A partir del resultado, el perfil que mejor evaluación posee para representar la propuesta de evaluación óptima es a_3.

6 Discusiones

El avance de la tecnología abre brechas para debatir las ambigüedades de expresiones y de visiones surgentes. A grosso modo, se identifica en varias legislaciones la ausencia de la unificación de criterios respecto a las concepciones, tales como; que es un autor, quien crea la obra, se puede atribuir autoría a un autor no físico y merecería protección de autor la creación de la IA. Así, por ejemplo, en Estados unidos, no se registrará una obra que no hay sido creada por un ser humano. El Tribunal de Justicia Europeo sostuvo que solo se aplica a obras originales que manifieste la creación intelectual propia de un autor humano, y bajo estas condiciones debe estar protegida por el derecho de autor. En Australia un tribunal sentencio que no puede proteger una obra creada por la IA, porque es exclusiva de un ser humano. En legislaciones como Nueva Zelanda, India, Irlanda al parecer podrían flexibilizarse

y conceder garantías de autor a las obras de los autores que utilizan la IA, ya que, ya que adoptaron la ley de Derechos de Autor, diseños y patentes del Reunió Unido, en la cual, expresaría un avance para el uso compartido en la creación de obras entre la IA y autores [5]. Según expertos podrían potencialmente reconocer derechos a la IA, a futuro.

La visión IA progresista plantea la creación de un nuevo derecho denominado "sui generis", lo que se conoce hasta ahora, pertenece a la propiedad intelectual sobre la base de datos, y reconoce el derecho del fabricante del sistema, independientemente que tenga la protección de la ley. Sin embargo, autores como Diego Calderón sostienen la importancia de crear un derecho *sui generis* propio de la IA, ya que, intentaría recompensar y proteger a quienes crean o entrenan a sus sistemas IA, y garantizarían derechos propios ante la creación de obras posteriores [38]. Este tema se considera plenamente factible, si se considera cómo la propiedad intelectual ha evolucionado en las últimas décadas para adecuarse a la realidad cambiante, es decir, se necesita desarrollar un sistema de sui generis para garantizar los conocimientos y obras tradicionales. Según [39] sería un derecho exclusivo el cual deberá abordar las necesidades específicas, ya que, actualmente protege a la base de datos, no así a los software o programas complementarios de la misma.

Dicho de forma exegética, la necesidad de un estudio previo basado en la utilidad, requerimiento e idoneidad del derecho sería fundamental para efectos de proclamar uno nuevo, pues, inclusive su incidencia en otras ramas implicaría un análisis crítico objetivo. Como se ha mencionado, este derecho está vinculado con la creación de la base de datos y de su protección intelectual, el cual, es un derecho que implícitamente reconoce prerrogativas inherentes en este campo, no obstante, si se positivizara en materia de derechos de autor, esto supondría precisar contornos ambiguos, como sugiere [8] se debería establecer la protección, determinar el objeto de este nuevo derecho, quién deba considerarse titular del mismo, qué facultades integrarían su contenido, y la duración de las mismas.

No obstante, el libre uso de la IA se predispone en dejar en la inseguridad jurídica de ciertas facetas encontradas y relacionadas con los derechos de autor, pues, a pesar del uso provecho en ciertas áreas, hay presupuestos que necesariamente necesitan definirse y regularlos, involucrando a la seguridad jurídica, arraigado como un principio fundamental del Estado de derecho, ya que garantiza la certeza y estabilidad del orden jurídico y la protección de los derechos de los ciudadanos, por lo tanto, el derecho sería un orden fijo que determinaría de manera inequívoca la conducta de los hombres [5].

La Constitución de la República del Ecuador (2008) garantiza el derecho a la propiedad en todas sus formas dentro del capítulo de derecho de libertad fundamental, contenida en el Art. 66, numeral 26, la cual, da origen a la Propiedad Intelectual y se reconoce a los derechos de autor como un derecho fundamental, el cual se otorga un autor por las creaciones de su intelecto, así como a ser reconocido como titular y beneficiarse de ellas. No obstante, la propiedad intelectual supone 3 ramas de garantismo legal, tales como; derechos de autor y derechos conexos, la propiedad industria y las obtenciones vegetales. Su primera faceta el derecho de autor según la RAE consiste en el derecho que la ley reconoce al autor de una obra intelectual o artística para autorizar su reproducción, no obstante, el según la Dirección Nacional de Derechos de Autor de Bogotá representa un conjunto de normas que protegen los derechos subjetivos del creador de la obra. De acuerdo con el Convenio sobre Decisiones Andinas en Propiedad Intelectual, es una persona física que realiza la creación intelectual. Dicho en otras palabras, se concede a una persona natural, la facultad de permitir o prohibir el uso de su creación científica, que dimensiones la protección sus bienes inmateriales. El Código Orgánico de la Economía Social de Conocimientos, Creatividad e Innovación (Art. 108) define que una persona natural puede ser autor [3].

La seguridad jurídica (COFJ, Art. 25) en su faceta de Principio del derecho supone la clarificación normativa respecto a los nuevos retos sociales que plante el boom tecnológico, y la actualización normativa conforme los avances científicos. Lo que significa que se podría argüir derechos a la IA conforme con el régimen legal, pues, tarde o temprano la ley estará regulando este ámbito.

Los derechos de autor están intrínsecamente ligados con los derechos morales que refiere a la facultad del autor para tomar medidas cuyo fin sea proteger los vínculos inherentes de sus creaciones, y con los derechos patrimoniales supone beneficio pecuniario al autor por la explotación de sus obras y bienes. Según el Servicio Nacional de la Propiedad Intelectual, este derecho surge con el nacimiento de la obra, cuya facultad goza de connotación inalienable, imprescriptible e irrenunciable. Sus elementos son: Divulgación de la obra, es, decir publicada o no está a libre disposición del público. Mantenerla Integra, lo que significa que su obra no debe ser alterada. Reconocimiento de la obra en calidad de autor. Derecho de arrepentimiento para dejar sin circulación la obra. En tanto, los derechos de explotación consisten en la secuencia o utilidad patrimonial de realizar, autorizar o prohibir obras con derechos de autor y obtener réditos económicos, y deriva a los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública y la trasformación de la obra.

7. Conclusión

La implementación del método basado en números neutrosóficos de valor único para generar recomendaciones sobre el uso de la IA y su impacto en la protección de los derechos de autor en Ecuador ha demostrado ser efectivo

para abordar la complejidad y la incertidumbre inherentes al análisis de este tema. La integración de este enfoque matemático permite una evaluación más precisa y flexible de los diversos factores involucrados, considerando las múltiples dimensiones y posibles escenarios derivados del uso de la IA. La capacidad del método para gestionar datos imprecisos y ambiguos es crucial en un contexto tan dinámico, donde las normativas legales, las tecnologías y las prácticas sociales están en constante evolución.

Una de las principales ventajas de este método es su capacidad para proporcionar recomendaciones basadas en un análisis multidimensional que toma en cuenta no solo el cumplimiento normativo, sino también las implicaciones sociales, económicas y culturales del uso de la IA. Al incorporar criterios como la transparencia en los procesos de creación, la distribución equitativa de beneficios y el impacto sobre la creatividad, el método asegura que las decisiones tomadas favorezcan un equilibrio entre la innovación tecnológica y la protección de los derechos de autor. De esta manera, el método no solo aborda los desafíos legales, sino que también promueve un desarrollo tecnológico responsable y sostenible.

La utilidad del método en el objeto de estudio es clara, ya que ofrece una herramienta robusta para evaluar el impacto de la IA en la protección de los derechos de autor en Ecuador. Además, al integrar números neutrosóficos, el método facilita una toma de decisiones más informada y precisa, adaptándose a los diferentes niveles de incertidumbre presentes en la interacción entre la tecnología, la legislación y las prácticas creativas. En última instancia, el método propuesto contribuye a la elaboración de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las realidades locales, apoyando el desarrollo de un marco regulatorio que no solo proteja los derechos de los creadores, sino que también fomente la innovación y el acceso equitativo a la cultura.

Referencias

[1] V. Rajaraman, "JohnMcCarthy—Father of artificial intelligence," *Resonance,* vol. 19, pp. 198-207, 2014.

[2] I. Ahmed, G. Jeon, and F. Piccialli, "From artificial intelligence to explainable artificial intelligence in industry 4.0: a survey on what, how, and where," *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* vol. 18, no. 8, pp. 5031-5042, 2022.

[3] R. Gouvea, D. Kapelianis, M.-J. R. Montoya, and G. Vora, "The creative economy, innovation and entrepreneurship: an empirical examination," *Creative industries journal,* vol. 14, no. 1, pp. 23-62, 2021.

[4] J. González Granado, "De la persona a la personalidad algorítmica: a propósito de la personalidad jurídica de la inteligencia artificial," *Reproducció del document publicat a: http://www. publicacions. ub. edu/ficha. aspx? cod= 12695*, 2020.

[5] J. Ihalainen, "Computer creativity: Artificial intelligence and copyright," *Journal of Intellectual Property Law & Practice,* vol. 13, no. 9, pp. 724-728, 2018.

[6] G. Spindler, "Copyright law and artificial intelligence," *IIC-International Review of Intellectual Property and Competition Law,* vol. 50, no. 9, pp. 1049-1051, 2019.

[7] Z. Jan, F. Ahamed, W. Mayer, N. Patel, G. Grossmann, M. Stumptner, and A. Kuusk, "Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities," *Expert Systems with Applications,* vol. 216, pp. 119456, 2023.

[8] S. Kelly, S.-A. Kaye, and O. Oviedo-Trespalacios, "What factors contribute to the acceptance of artificial intelligence? A systematic review," *Telematics and Informatics,* vol. 77, pp. 101925, 2023.

[9] R. Toorajipour, V. Sohrabpour, A. Nazarpour, P. Oghazi, and M. Fischl, "Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review," *Journal of Business Research,* vol. 122, pp. 502-517, 2021.

[10] A. G. Quintero, E. D. Serranomoya, and C. M. H. Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul*, no. 36, pp. 285-306, 2013.

[11] O. M. Cornelio, J. G. Gulín, B. B. Fonseca, and I. S. Ching, "Experiencia en la evaluación de competencias en un sistema de laboratorios a distancia."

[12] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[13] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[14] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[15] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[16] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[17] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[18] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[19] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[20] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[21] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[22] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[23] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[26] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 5, pp. 70-84, 2022.

[27] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[28] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[29] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[30] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[31] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[32] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[33] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[34] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[35] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[36] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[37] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words," *Ingeniería y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 173-188, 2015.

[38] B. J. de Alvear, and D. M. Calderón, "Derechos de autor en la inteligencia artificial." pp. 94-109.

[39] M. Á. B. López, *El derecho sui generis del fabricante de bases de datos*: Editorial Reus, 2001.

Recibido: noviembre 17, 2024. **Aceptado:** diciembre 06, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para el análisis de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi.

Neutrosophic method for the analysis of the Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo against the responsibility for contamination of the Toachi River.

Yolanda Guissell Calva Vega[1], Jorge Luis Ortega Abad[2], Fredy Pablo Cañizares Galarza[3] and Salomón Alejandro Montece Giler[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo, Ecuador. us.yolandacalva@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo, Ecuador. ds.jorgeloa43@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo, Ecuador. us.fredycanizares@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo, Ecuador. us.salomonmontece@uniandes.edu.ec

Resumen. Este estudio tiene como objetivo implementar un Método Neutrosófico para analizar la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) en la contaminación del Río Toachi, a partir de la vulneración de los derechos de la naturaleza y de los habitantes del sector Brasilias del Toachi. Según los artículos 10 y 71 de la Constitución, la naturaleza es un sujeto de derechos; sin embargo, evidencias recientes derivadas del faenamiento de ganado porcino y bovino en el Km. 14.5 de la vía Las Mercedes, Santo Domingo, han puesto de manifiesto que, a pesar de la existencia de acciones constitucionales para salvaguardar el derecho a una vida digna de los moradores, se ignora la afectación a los derechos de la naturaleza. Esta omisión se ve reflejada en el enfoque antropocéntrico de las decisiones judiciales que excluyen a la Defensoría del Pueblo como representante de la naturaleza, lo que compromete la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las generaciones presentes y futuras, así como la flora y fauna local. Adicionalmente, se destaca la ineficacia de las autoridades de control, específicamente la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Provincial de Santo Domingo, y la falta de políticas públicas adecuadas para proteger los derechos de la naturaleza y sus componentes en la región. Este contexto justifica la necesidad de un análisis más profundo y holístico a través del Método Neutrosófico para abordar estos problemas complejos.

Palabras Claves: números neutrosófico, derechos de la naturaleza, contaminación de fuentes hídricas, desechos bovinos y porcinos peligrosos, políticas públicas.

Abstract. This study aims to implement a Neutrosophic Method to analyze the responsibility of the Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) in the contamination of the Toachi River, based on the violation of the rights of nature and of the inhabitants of the Brasilias sector of Toachi. According to articles 10 and 71 of the Constitution, nature is a subject of rights; however, recent evidence derived from the slaughter of pigs and cattle at Km. 14.5 of Las Mercedes road, Santo Domingo, has shown that, despite the existence of constitutional actions to safeguard the right to a dignified life of the inhabitants, the affectation of the rights of nature is ignored. This omission is reflected in the anthropocentric approach of the judicial decisions that exclude the Ombudsman's Office as a representative of nature, which compromises environmental sustainability and the well-being of present and future generations, as well as the local flora and fauna. Additionally, the ineffectiveness of the control authorities, specifically the Environmental Management Directorate of the Provincial Government of Santo Domingo, and the lack of adequate public policies to protect the rights of nature and its components in the region are highlighted. This context justifies the need for a deeper and more holistic analysis through the Neutrosophic Method to address these complex problems.

Keywords: neutrosophic numbers, rights of nature, contamination of water sources, dangerous bovine and porcine waste, public policies.

1 Introducción

La urbanización Brasilias del Toachi es parte de la parroquia Río Toachi, situada en el cantón Santo Domingo, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. En esta localidad se encuentra la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), la cual se dedica al faenamiento de ganado bovino y porcino. Esta actividad industrial, si bien contribuye a la economía local, ha generado severos impactos ambientales, específicamente la contaminación de las fuentes hídricas, ya que los desechos son vertidos directamente en el Río Toachi [1]. Esto no solo afecta la salud de los ecosistemas acuáticos, sino que también infringe los derechos fundamentales de los moradores de la zona, quienes ven comprometido su derecho a un ambiente sano y equilibrado, tal como lo estipula la Constitución de la República del Ecuador en sus artículos 10 y 71 [2].

La contaminación del agua ha emergido como un problema cotidiano y de alta visibilidad, exacerbado por las actividades industriales, el mal manejo de aguas servidas y la interacción con animales de pastoreo cerca de fuentes hídricas [3]. Las prácticas inadecuadas de uso de los recursos naturales, además de la agricultura intensiva con alto uso de agrotóxicos, forman parte de un contexto que daña no solo la salud pública, sino también la sostenibilidad ambiental. Este fenómeno se convierte, por lo tanto, en un fenómeno socio-jurídico que requiere atención urgente y efectiva, no solo a nivel local, sino global [4].

En este contexto, la Constitución ecuatoriana establece derechos y obligaciones para la ciudadanía que deben ser respetados para garantizar una convivencia pacífica y una vida digna. Sin embargo, a pesar de presentarse planes de acción por parte de la EPMTH ante la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Provincial, los derechos constitucionales, que protegen tanto a las personas como a la naturaleza, parecen ser vulnerados. Los moradores del sector Brasilias del Toachi han iniciado acciones legales para hacer valer sus derechos a una vida digna, evidenciando así la necesidad de un enfoque más inclusivo que contemple la protección de los derechos de la naturaleza, que en este caso son igualmente afectados por la actividad de la EPMTH.

La falta de atención a los derechos de la naturaleza en las decisiones judiciales, que se enfocan predominantemente en los derechos de las personas, refleja una visión antropocéntrica que resulta problemática. A pesar de que la contaminación afecta claramente tanto a las personas como a los ecosistemas, las sentencias dictadas por los jueces constitucionales no han abordado adecuadamente los impactos sobre el entorno natural. Esta omisión no solo contradice los principios constitucionales, sino que también pone en riesgo la sostenibilidad del ecosistema y el bienestar de futuras generaciones.

A medida que se evidencian los insuficientes mecanismos de control y supervisión por parte de las autoridades ambientales, así como la falta de educación ambiental y conocimiento sobre los derechos de la naturaleza en la comunidad, se torna necesario implementar nuevas estrategias de análisis. En este sentido, el uso del Método Neutrosófico se presenta como una herramienta que podría permitir un análisis más integral de las problemáticas en cuestión, proporcionando un marco que considere tanto los derechos de los moradores como los de la naturaleza. Con la implementación de este método se pretende facilitar la comprensión de la complejidad del problema a la vez que se promueve la creación de políticas públicas que garanticen el respeto y la protección de los derechos de la naturaleza en el cantón Santo Domingo y la provincia de Tsáchilas en general.

2. Materiales y métodos

La problemática en el sector Brasilias del Toachi se centra en los efectos adversos causados por las actividades de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), específicamente en relación con la contaminación del Río Toachi y la violación de los derechos de la naturaleza y de los residentes locales. A pesar de los esfuerzos regulatorios y las acciones legales emprendidas por la comunidad para proteger su derecho a vivir en un entorno saludable, persisten graves desafíos que requieren una atención más efectiva. La situación subraya la necesidad de implementar un método de evaluación riguroso, como el Método Neutrosófico [5], que permita esclarecer los hechos en torno a la contaminación y sus repercusiones. Este enfoque no solo podría ofrecer una evaluación más integral de la responsabilidad de la EPMTH frente a la contaminación, sino también facilitar la formulación de propuestas de acción concretas que promuevan la protección de los derechos de la naturaleza y garanticen un ambiente sostenible para las generaciones actuales y futuras.

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico para el análisis de la EPMTH frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi. El método modela las relaciones causales entre los diferentes conceptos mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método sustenta los siguientes principios:

- Integración del conocimiento causal mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) para la recomendación en la identificación de perfiles de formación en prácticas laborales.
- Identificación mediante el equipo de expertos de las relaciones causales.

El diseño del método está estructurado para la evaluación de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTH. Posee tres etapas básicas: entrada, procesamiento y salida. El método propuesto está estructurado para soportar la gestión del proceso de inferencia para recomendación en la identificación de perfiles de prácticas laboral. Emplea un enfoque multicriterio como base para la inferencia, se auxilia de expertos para nutrir la base de conocimiento [6-8]. El conjunto de indicadores evaluativos representan una de las entradas del

sistema que necesario para la actividad de inferencia. La actividad de inferencia representa el núcleo fundamental para el razonamiento del método [9-11].

2.1 Diseño del método neutrosófico para el análisis de la EPMTH frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: (i) identificar los criterios evaluativos; (ii) determinar las relaciones causales; (iii) obtener el MCN resultante de las relaciones causales; y (iv) inferencia del proceso [12, 13]. La Figura 1 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

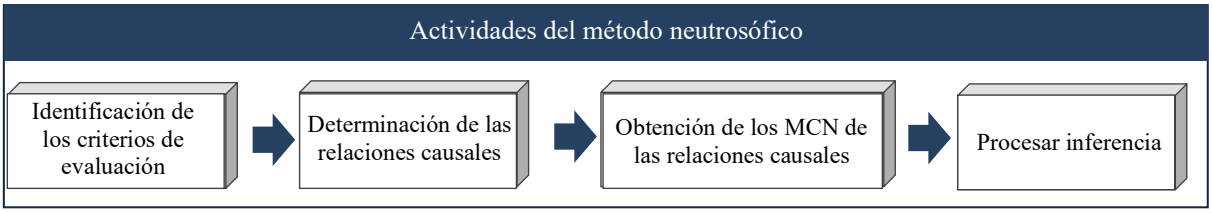

Figura 1. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento del análisis de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTH.

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la guarda a menores a partir de la responsabilidad parental mediante el número de indicadores evaluativos del proceso, donde:

$$I = \{\mathrm{i}_1, \ldots \mathrm{i}_\mathrm{n}\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio, donde:

$$E = \{\mathrm{m}_1, \ldots \mathrm{m}_\mathrm{n}\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos sobre la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) en la contaminación del Río Toachi.

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia.

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos [14]. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13 [15, 16]. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [17, 18]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [19, 20] .

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el MCN resultante [21, 22].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático [23, 24]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [25-27].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \quad (3)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [28]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{4}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}: A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad.
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}: A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia.
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación.

4. Implementación del método para el análisis de la EPMTH frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para analizar la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) en la contaminación del Río Toachi, a partir de la vulneración de los derechos de la naturaleza y de los habitantes del sector Brasilias del Toachi. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 3 expertos. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios	Descripción
1	Emisión de desechos	Evaluar la cantidad y tipo de desechos generados por la EPMTH en sus actividades de faenamiento y su tratamiento antes de ser vertidos al río.
2	Monitoreo de calidad del agua	Examinar si existen registros de análisis de calidad del agua del Río Toachi que indiquen niveles de contaminación antes y después de la instalación de la EPMTH.
3	Cumplimiento normativo	Verificar si la EPMTH ha cumplido con las normativas ambientales locales y nacionales relacionadas con la gestión de residuos y la protección de cuerpos de agua.
4	Inspecciones Ambientales	Analizar la frecuencia y los resultados de las inspecciones realizadas por las autoridades ambientales a las instalaciones de la EPMTH.
5	Planes de mitigación	Revisar si la EPMTH cuenta con planes de mitigación para abordar los impactos ambientales de su actividad, y si estos han sido implementados efectivamente.
6	Capacitación del personal	Evaluar si se han realizado programas de capacitación para el personal de la EPMTH en gestión ambiental y buenas prácticas en el manejo de desechos.
7	Acciones correctivas	Determinar si la EPMTH ha tomado acciones correctivas tras recibir advertencias o sanciones por las autoridades ambientales.
8	Informe de accidentes ambientales	Analizar el número y tipo de incidentes reportados en relación con derrames o vertidos al río y las respuestas de la empresa a estos eventos.
9	Participación comunitaria	Evaluar el grado de participación de la comunidad afectada en procesos de consulta y toma de decisiones relacionadas con la actividad de la EPMTH.

No.	Criterios	Descripción
10	Compensación a la comunidad	Revisar si existen mecanismos de compensación o apoyo a la comunidad afectada por la contaminación provocada por la EPMTH.
11	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Analizar si se ha realizado una Evaluación de Impacto Ambiental adecuada y si las recomendaciones de la EIA han sido implementadas.
12	Desempeño en transparencia	Evaluar la transparencia de la EPMTH en la divulgación de información sobre sus actividades, impactos ambientales y medidas implementadas.
13	Indicadores de salud pública	Examinar si hay evidencia de problemas de salud en la población local que puedan correlacionarse con la contaminación del agua.
14	Investigaciones académicas	Revisar estudios académicos que evalúen el impacto de la EPMTH en el entorno natural y en los derechos de los habitantes.
15	Colaboración con autoridades	Evaluar el nivel de cooperación de la EPMTH con las autoridades y organismos ambientales para abordar la problemática de contaminación y sus repercusiones.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Se identificación como resultado 3 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. Los valores de causalidad son definidos a partir de números neutrosóficos según la escala definida en la tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EB)	[1,0,0]
Muy muy alto (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy alto (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alto (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente alto (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media(M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente bajo (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Bajo (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy bajo (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy bajo (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente bajo (EM)	[0,1,1]

La tabla 3 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 3. Matriz de adyacencia a partir de los criterios evaluativos.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_1	EB	B	MMB	M	MMB	EB	MM	MMB	EM	MMB	MMB	EB	MMB	MMB	MMB
C_2	MMB	EM	B	EB	B	B	MMB	MMB	EB	B		EB	B	B	B
C_3	EB	MMB	EB	B	M	EM	MMB	M	MMB	M	M	MMB	MDM	MMB	M
C_4	M	B	B	MDM	EB	B	EB	EM	MMB	B	MDM	M	MDM	MDM	B
C_5	MM	B	M	EB	EB	B	MDM	B	EB	M	MM	EM	MM	MDM	M
C_6	EM	MMB	M	MMB	M	EB	MM	MDM	B	B	EB	B	EB	MM	B
C_7	M	M	M	MDM	EM	M	EB	MMB	MMB	MM	MM	M	MM	EB	MM
C_8	M	MDM	EM	MM	MM	EB	M	MM	M	B	MM	EB	MDM	MM	B
C_9	B	MMB	MDM	EM	M	MM	MM	MMB	M	MM	EB	MM	EB	MM	MM
C_{10}	MDM	B	MDM	MDM	B	MM	MDM	B	MM	EB	MDM	MDM	EB	MM	EB

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_{11}	MM	MM	M	MDM	EB	EB	MDM	MM	EB	MM	EM	EB	MM	M	MM
C_{12}	EB	EB	EB	MM	MM	MM	EM	EB	MM	M	MM	MM	MM	MM	M
C_{13}	B	B	MDM	B	MM	MDM	MM	B	MMB	MDM	B	MDM	EM	MDM	MDM
C_{14}	EB	EB	EB	B	MDM	MDM	MMB	EB	MMB	MMB	MDM	M	M	EM	MMB
C_{15}	M	M	MDM	B	MMB	EB	M	B	MMB	EM	EB	EB	EB	B	EM

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 4 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Peso atribuido a los indicadores criterios

Criterios	Peso
C_1	[0.8,0,15,0.20]
C_2	[1,0,0]
C_3	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.8,0,15,0.20]
C_7	[0.9, 0.1, 0.1]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]
C_9	[0.8,0,15,0.20]
C_{10}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.70,0.25,0.30]
C_{13}	[1,0,0]
C_{14}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{15}	[0.9, 0.1, 0.1]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de los 15 criterios evaluativos. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 5: Cálculo de preferencias atribuidas a cada criterio de evaluación de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTH

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_1	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_6	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_7	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_9	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_{10}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.70,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_{13}	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_{14}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{15}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
Índice			[0.92, 0.1, 0.1]

La figura 2 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento para los 15 casos de análisis, a partir del procesamiento que se realiza según descripción de la tabla 4.

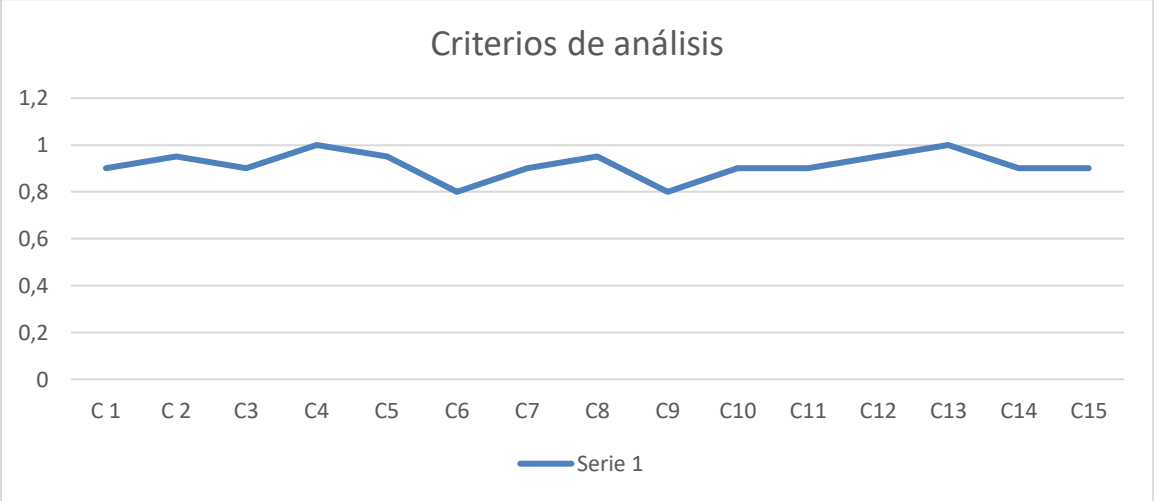

Figura 2. Comportamiento de los diferentes criterios de análisis.

La implementación del Método Neutrosófico, acompañado del análisis detallado de los 15 criterios evaluativos, ha permitido identificar de manera clara la alta responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo en la contaminación del Río Toachi. Este Método Neutrosófico, que busca integrar diferentes perspectivas y niveles de incertidumbre asociados a la evaluación ambiental, ha facilitado la recopilación y análisis de datos pertinentes, resaltando las deficiencias en las prácticas de gestión ambiental de la empresa. Los resultados obtenidos evidencian que la actividad de la EPMTH no solo ha comprometido la calidad del agua, sino que también ha afectado los derechos de la naturaleza y la salud de los habitantes de la zona, subrayando la necesidad de acciones correctivas y de una mayor responsabilidad empresarial en el manejo de su impacto ambiental.

Aplicación de la entrevista

Adicionalmente, se decidió aplicar una entrevista para comprobar los resultados arrojados por la implementación del método neutrosófico propuesto en la presente investigación. La entrevista realizada se centró en recoger opiniones sobre la contaminación del Río Toachi y su relación con los derechos de la naturaleza, involucrando a un grupo diverso de entrevistados. Participaron el Presidente del Sector, tres líderes de la urbanización Brasilias del Toachi y el Responsable de Ambiente de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH). Esta variedad de voces permitió obtener una visión integral sobre la problemática de la contaminación, las acciones realizadas, y el conocimiento de los derechos relacionados con la naturaleza y el ambiente.

Todos los entrevistados confirmaron su conocimiento acerca de la contaminación atribuida a las descargas del camal de la EPMTH en el Río Toachi, identificando el problema como una situación crítica que afecta tanto a industrias públicas como privadas. Cuando se les preguntó sobre las acciones que habían tomado para abordar esta problemática, todos los entrevistados señalaron que habían realizado acercamientos al camal municipal y que han evidenciado descargas constantes de efluentes al río, lo cual les llevó a dialogar con las autoridades para mejorar los tratamientos de los desechos producidos.

Respecto a la vulneración de los derechos de la naturaleza, la mayoría de los participantes, excluyendo al responsable ambiental de la EPMTH, se mostró desinformada. Ellos centraban su atención en la contaminación y destrucción ambiental, sin vincularlo explícitamente con los derechos de la naturaleza. En contraste, el responsable de ambiente reconoció plenamente su labor en la defensa de estos derechos, entendiendo la importancia de su cumplimiento conforme a la legislación vigente.

La desconexión entre el conocimiento de los derechos de la naturaleza y la capacidad para denunciarlos fue evidente, ya que los líderes comunitarios no estaban al tanto de que cualquier persona puede representar a la naturaleza en denuncias de vulneración. Solo el responsable de ambiente mostró conciencia de esta disposición, lo que pone de relieve la necesidad de mayor educación y sensibilización en la comunidad sobre estos temas.

Todos los entrevistados coincidieron en que los mecanismos jurídicos actuales para proteger la naturaleza no son suficientes. Afirmaron que la contaminación está en aumento, impulsada por la proliferación de industrias, y consideran que se requieren medidas más efectivas para abordar la crisis hídrica y sus múltiples problemáticas. Ante la pregunta sobre qué otros derechos de los habitantes del territorio se ven vulnerados por la contaminación, los entrevistados coincidieron en que esto afecta directamente su derecho a la salud, a una alimentación sana y, en definitiva, a la vida misma.

La percepción general entre los participantes es que la contaminación del Río Toachi es una clara violación de la normativa constitucional y de tratados internacionales. Afirmaron que el problema de contaminación es de trascendencia nacional e internacional y que la relación entre industrias y contaminación es cada vez más preocupante, sugiriendo que se deberían obligar a las empresas a presentar alternativas de tratamiento efectivas para mitigar estos impactos ambientales.

Cuando se les consultó sobre la viabilidad de crear un formulario electrónico para facilitar las denuncias sobre vulneraciones a los derechos de la naturaleza, todos los líderes comunitarios mostraron su apoyo a esta iniciativa. Creen que un sistema sencillo de denuncia podría impulsar a muchos ciudadanos a alzar la voz frente a la creciente contaminación. El responsable de ambiente también coincidió en que esta herramienta podría permitir una denuncia más directa ante los jueces, reduciendo la burocracia y facilitando un acceso más expedito a la justicia ambiental.

5. Discusiones

La presente investigación consistió en comprobar la vulneración a los derechos de la naturaleza y a los moradores del Sector Brasilias del Toachi, por parte de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), por el Faenamiento de ganado Porcino y Bovino en el Km. 14.5 vía las Mercedes, Santo Domingo 2022. Esto considerando que los moradores del sector Brasilias del Toachi presentaron la acción de Protección dentro del proceso No. 23201202000726, en la cual protegen su derecho constitucional a la vida digna, esto llama la atención del investigador ya que pese a la evidencia de contaminación producida por la EPMTH, que producto del servicio de Faenamiento tanto bovino como porcino, descarga aguas residuales y desechos peligrosos como sangre, estiércol, grasa, despojos, entre otros residuos derivados esta actividad al caudal hídrico del Río Toachi, los moradores afectados no tomaron en cuenta jamás los derechos de la naturaleza, lo mismo ocurrió con el juez constitucional, quien no protegió los derechos de la naturaleza en el sujeto de derechos Río Toachi.

Uno de los principales resultados obtenido es el desconocimiento de parte de los moradores sobre el derecho a la naturaleza y los mecanismos para denunciar la vulneración de este derecho de forma oportuna ante la autoridad competente, no obstante, la ciudadanía está de acuerdo con que se tengan mayor acceso a la denuncia por la vulneración de derechos a la naturaleza a la vida y a la salud de las personas y por su puesto esto conllevaría a las sanciones y a la reparación a la naturaleza afectada por el mal manejo de residuos.

El Ecuador forma parte de múltiples tratados internacionales que buscan la protección de la naturaleza a través del respeto del derecho ambiental, aumentando cada vez más la protección de este importante derecho mediante procesos sancionatorios que han obligado a las industrias del sector a mejorar los procesos de tratamiento previo a las descargas respectivas dentro de los ríos a los cuales se encuentran conectados [29]. Sin embargo, estos esfuerzos no han logrado abarcar todo el territorio nacional y gran parte de la ciudadanía desconoce cómo denunciar estos problemas o no le presta el interés oportuno, existiendo lugares a los cuales no han logrado llegar las autoridades [30], en el caso específico de estudio la EPMTH, cuenta con piscinas de oxidación donde se arrojan los desechos antes de descargarlos al Río Toachi, dichas piscinas deben ser vaciadas diariamente por gestores ambientales, quienes se llevan estos desechos, sin embargo este Plan Ambiental no se cumple porque los gestores ambientales no evacuan las piscinas a diario y cuando esto no ocurre los desechos se descargan directamente al Río Toachi, no existe un estudio de la cantidad real de desechos que se arroja al Río Toachi, la Empresa no cuenta con un presupuesto para tratamiento de efluentes y remediación ambiental.

De lo anteriormente expuesto se confirma que la Empresa Mancomunada perteneciente al GAD Municipal Santo Domingo y GAD Municipal La Concordia, produce permanentemente daños a la naturaleza sin que exista mayor control por parte de las autoridades pertinentes como es el GAD Provincial a través de la Dirección de Gestión Ambiental.

Por lo expuesto, hace falta por parte de las autoridades ambientales en este caso el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas GAD Provincial, a través de la Dirección de Gestión Ambiental apliquen sanciones correspondientes para mitigar el impacto ambiental generado por la contaminación

que existe en el Sector Brasilias del Toachi. Con el objetivo de que las sanciones aplicadas logren corregir la problemática presentada dentro del sector.

Otro mecanismo que deberían utilizar los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, cantonales y parroquiales, a cargo del cuidado del medio ambiente es la implementación de políticas públicas que permitan proteger el derecho de la naturaleza, en cada uno de los territorios para lo cual es indispensable contar con la participación de los moradores de los respectivos sectores, ya que ellos son los que coadyuvarían a la protección de derechos a la naturaleza ya que ellos permanecen y habitan en el sector afectado, convirtiéndose en testigos, actores y promotores de la prevención general positiva en beneficio de los derechos de la naturaleza, derechos de la salud y derecho a la vida de las presentes y futuras generaciones.

Ya advierten los especialistas que existen dos fuentes de contaminación como son las puntuales y las difusas. Las fuentes de contaminación puntuales son las que permiten identificar de forma clara el lugar donde se produce la descarga con el alto nivel de contaminante del agua, siendo así estas contaminaciones se dan más cuando son de tipo orgánico y son arrojados desde criaderos de distintas especies, es muy común en los alojamientos y criaderos de porcinos [31], y más aún en la EPMTH, donde a diario se faenan 160 bovinos y 130 porcinos, por lo cual se produce aproximadamente 150.000 litros de aguas residuales.

Considerando que, la descarga derivada del proceso productivo es orgánica, para su adecuado tratamiento se requieren procesos que impliquen un alto nivel de oxidación, en referencia a la alta carga de contaminación por sangre, sebo, despojos, estiércol, entre otros. Esto implica un gasto mensual permanente, el mismo que no ha sido considerado dentro del presupuesto anual de esta Empresa Mancomunada, y que por lo tanto le impide cumplir con un manejo ambiental que proteja la salud y la vida de los moradores de los sectores aledaños a la contaminación y de quienes utilizan las aguas del río Toachi para su uso y consumo produciéndose por tanto contaminación ambiental por parte de la EPMTH.

6. Conclusión

La implementación del método neutrosófico propuesto reveló que existe contaminación ambiental generada con la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo en el caudal del Río Toachi, lo que afecta los derechos a la naturaleza y el derecho a la salud y la vida digna de los habitantes del sector Brasilias del Toachi.

Los mecanismos ejercidos por las autoridades de control son insuficientes y por lo tanto no cumplen con las obligaciones que tienen a su cargo, esto debido a desconocimiento de parte de la ciudadanía quien no denuncia oportunamente, y por la ineficacia de las autoridades quienes no cuentan con los recursos técnicos y tecnológicos y los presupuestos respectivos para desempeñar su trabajo de manera óptima (Guarda parques, drones, etc, sanciones y protocolos para aplicarlas efectivamente).

Una vez que la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo, fue accionada constitucionalmente, mediante acción de Protección en proceso No. 23201202000726, se incorporó un Plan de Acción para mitigar el impacto ambiental, dicho plan no representa una solución definitiva a esta problemática.

La Acción de Protección planteada por los propietarios de la urbanización Jardines del Toachi no tomo en cuanta los derechos de la naturaleza con ella se logró que el Juez Constitucional disponga el traslado de las Instalaciones de la EPMTH hacia otro sector, lo cual pone en riesgo los derechos de la naturaleza en el nuevo sitio donde desarrollará sus actividades la mencionada Empresa, mismo que está ubicado en el Km 14.5 en la vía Santo Domingo – Esmeraldas.

Es obligación del GAD Provincial a través de la Dirección de Gestión Ambiental solicitar a la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo el registro documental del tratamiento y los resultados obtenidos, en caso de que estos no sean suficientes deberán presentar planes de acción para mitigar el impacto Ambiental, y dar seguimiento al mismo para que no afecte a las personas del sector, ni produzca daños en la naturaleza por la actividad que genera la empresa.

Es necesario implementar leyes en el territorio continental ecuatoriano, que salvaguarden y prevengan la contaminación Ambiental, ya que dentro de la normativa para las islas Galápagos se protege efectivamente los ecosistemas y la biodiversidad , y lo mismo debería suceder en todo el territorio nacional.

En otros trabajos estudiados se sugiere la incorporación de un formulario para denuncias sobre vulneración de derechos a la naturaleza, en la presente investigación se considera que la implementación de este tipo de herramienta tecnológica constituye prevención general positiva en favor de los derechos de la naturaleza.

Recabar denuncias sobre vulneración de derechos de la naturaleza y confirmar dicha vulneración dentro de un proceso constitucional permitiría al juez ordenar la reparación de la misma. Asimismo en el campo penal el código Orgánico Integral Penal en su Art 71, numeral 5, manifiesta: Penas para las personas jurídicas.- Las penas específicas aplicables a las personas jurídicas, son las siguientes: Remediación integral de los daños ambientales causados.

Referencias

[1] J. L. Ortega Abad, "La empresa pública mancomunada del trópico húmedo frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi," 2023.

[2] G. D. Vernaza Arroyo, and D. Cutié Mustelier, "Los derechos de la naturaleza desde la mirada de los jueces en Ecuador," *Revista IUS,* vol. 16, no. 49, pp. 285-311, 2022.

[3] B. S. Rathi, P. S. Kumar, and D.-V. N. Vo, "Critical review on hazardous pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, removal technologies and risk assessment," *Science of the Total Environment,* vol. 797, pp. 149134, 2021.

[4] W. Brack, R. Altenburger, G. Schüürmann, M. Krauss, D. L. Herráez, J. van Gils, J. Slobodnik, J. Munthe, B. M. Gawlik, and A. van Wezel, "The SOLUTIONS project: challenges and responses for present and future emerging pollutants in land and water resources management," *Science of the total environment,* vol. 503, pp. 22-31, 2015.

[5] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[6] L. Rocchi, L. Paolotti, A. Rosati, A. Boggia, and C. Castellini, "Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach," *Journal of cleaner production,* vol. 211, pp. 103-114, 2019.

[7] M. Moghadas, A. Asadzadeh, A. Vafeidis, A. Fekete, and T. Kötter, "A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran," *International journal of disaster risk reduction,* vol. 35, pp. 101069, 2019.

[8] I. Bagdanavičiūtė, L. Kelpšaitė-Rimkienė, J. Galinienė, and T. Soomere, "Index based multi-criteria approach to coastal risk assesment," *Journal of Coastal Conservation,* vol. 23, no. 4, pp. 785-800, 2019.

[9] I. C. B. Portilla, I. C. H. Sánchez, and I. R. Tarquino, "Diffuse cognitive maps for analysis of vulnerability to climate variability in Andean rural micro-watersheds," *Dyna,* vol. 87, no. 212, pp. 38-46, 2020.

[10] Y. Zhang, J. Qin, P. Shi, and Y. Kang, "High-order intuitionistic fuzzy cognitive map based on evidential reasoning theory," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 1, pp. 16-30, 2018.

[11] B. Efe, "Fuzzy cognitive map based quality function deployment approach for dishwasher machine selection," *Applied Soft Computing,* vol. 83, pp. 105660, 2019.

[12] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[13] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, "Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development," *Psychological review,* vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.

[16] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS," *Information Sciences,* vol. 473, pp. 101-120, 2019.

[17] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[18] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

[19] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad,* vol. 17, pp. 375-390, 2013.

[20] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities," *Sustainability,* vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.

[21] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.

[22] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, "Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke," *IET systems biology,* vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.

[23] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[24] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[25] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[26] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[27] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, "Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps," *International Entrepreneurship and Management Journal,* vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.

[28] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[29] J. A. T. Cárdenas, "El Ecuador y su cumplimiento internacional en materia de derecho al medio ambiente sano a través de la incorporación de los principios internacionales del Derecho Ambiental en la normativa nacional," *USFQ Law Review,* vol. 8, no. 2, pp. 43-75, 2021.

[30] M. O. Merino, M. M. Conforme, and D. V. Solórzano, "Los Problemas Ambientales en Ecuador y América Latina," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 5, pp. 1-9, 2022.

[31] A. Fonseca-Sánchez, H. Madrigal-Solís, C. Núñez-Solís, H. Calderón-Sánchez, G. Moraga-López, and A. Gómez-Cruz, "Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica," *Uniciencia,* vol. 33, no. 2, pp. 76-97, 2019.

Recibido: noviembre 17, 2024. **Aceptado:** diciembre 07, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información.

Neutrosophic Cognitive Map for the analysis of the criminality of digital violence in the COIP and the right to privacy of information.

Juan Alejandro Coloma Armijos[1], Jeannette Amparito Urrutia Guevara[2] and Diego Patricio Gordillo Cevallos[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. juanca75@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.diegogordillo@uniandes.edu.ec

Resumen. La creciente prevalencia de la violencia digital ha impactado de manera significativa la intimidad, honra y seguridad personal en todo el mundo, afectando especialmente a la sociedad ecuatoriana. Este fenómeno, que carece de una base jurídica específica en muchos Estados, plantea un desafío para la moral y ética social, exacerbado por el avance tecnológico. La presente investigación propone desarrollar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para analizar la tipicidad de la violencia digital en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) y su relación con el derecho a la intimidad de la información. El objetivo es contribuir a la creación de un anteproyecto de ley reformatoria que modifique la sección sexta "Delitos contra el derecho a la intimidad personal y familiar" del COIP. Se buscará añadir articulados que complementen el artículo 178 y tipifiquen adecuadamente la violencia digital en Ecuador, garantizando así la protección del derecho a la intimidad de las víctimas. Para ello, se emplearán métodos cuantitativos como encuestas, cuestionarios y entrevistas, permitiendo a las víctimas conocer sus opciones de defensa jurídica. Al abordar este vacío normativo, la investigación pretende fomentar un entorno más seguro y resguardar los valores éticos en la sociedad ecuatoriana ante el crecimiento de la violencia digital.

Palabras Claves: violencia digital, intimidad de la información, COIP, Mapa Cognitivo Neutrosófico.

Abstract. The increasing prevalence of digital violence has significantly impacted privacy, honor and personal security throughout the world, especially affecting Ecuadorian society. This phenomenon, which lacks a specific legal basis in many States, poses a challenge to social morality and ethics, exacerbated by technological progress. This research proposes to develop a Neutrosophic Cognitive Map to analyze the typicality of digital violence in the Comprehensive Organic Criminal Code (COIP) and its relationship with the right to privacy of information. The objective is to contribute to the creation of a draft reform law that modifies the sixth section "Crimes against the right to personal and family privacy" of the COIP. We will seek to add articles that complement article 178 and adequately typify digital violence in Ecuador, thus guaranteeing the protection of the right to privacy of victims. To do so, quantitative methods such as surveys, questionnaires and interviews will be used, allowing victims to know their legal defense options. By addressing this regulatory gap, the research aims to foster a safer environment and safeguard ethical values in Ecuadorian society in the face of the growth of digital violence.

Keywords: digital violence, information privacy, COIP, Cognitive Neutrosophic Map.

1 Introducción

El ciberacoso ha emergido como un fenómeno destructivo que impacta directa e indirectamente la intimidad y reputación de las personas en la esfera digital. Este tipo de violencia, que puede manifestarse a través de textos difamatorios y otros métodos de acoso en línea, puede dañar la autoestima y la integridad de las víctimas, sin que estas hayan sido necesariamente objeto de tales ataques [1]. La gravedad de esta problemática ha llevado a la necesidad de una respuesta jurídica efectiva para combatir estas conductas nocivas.

Conceptos como la sextorsión, definida por la Corte Suprema de Justicia de El Salvador como un tipo de violencia sexual digital, ponen de manifiesto la vulnerabilidad de los individuos en la era de la tecnología. Este tipo de coerción no solo atenta contra la dignidad de las víctimas, sino que también muestra las lagunas existentes en las legislaciones actuales [2]. En México, la reforma penal conocida como la Ley Olimpia surgió como una respuesta legislativa a un caso emblemático de difusión no consensuada de contenido íntimo, evidenciando la necesidad de reformas que protejan adecuadamente a las víctimas de violencias digitales [3].

En Ecuador, si bien se han realizado avances en la tipificación de delitos informáticos en el Código Orgánico Integral Penal (COIP), la violencia digital sigue siendo un área escasamente abordada. El artículo 178 del COIP establece una base para la protección de la intimidad; sin embargo, es fundamental ampliar y fortalecer la legislación para incluir específicamente los diferentes tipos de violencia digital y garantizar así una vida libre de violencia para todas las personas, tal como lo establece la Constitución de la República del Ecuador.

En el contexto de la lucha contra los delitos digitales, Ecuador ha mostrado avances significativos con la presentación del proyecto de Ley Orgánica para prevenir la violencia, el acoso digital y la violación a la intimidad en 2021. Este proyecto fue una respuesta a diversas problemáticas sociales y buscó actualizar la normativa penal ecuatoriana, tipificando nuevos delitos derivados de la era digital, como el *deep fake porn* y el *mobbing*. Junto a este, se presentó el "Proyecto de Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico Integral Penal", que tenía como objetivo tipificar los delitos de sexting y hostigamiento.

A pesar de ser procesadas por la Comisión de Justicia, la Asamblea Nacional aprobó solo la segunda iniciativa con 107 votos a favor el 7 de mayo de 2021, posicionando a Ecuador como potencial líder en la región en la lucha contra la violencia digital. Sin embargo, la aprobación de la Ley Orgánica de Violencia Digital fue objeto de críticas por parte de grupos como Fundamedios y diversos colectivos, que argumentaron que su contenido podría servir como herramienta de censura para investigaciones periodísticas y proteger intereses políticos. Esta preocupación llevó a una de las legisladoras a retractarse de su apoyo al proyecto, señalando que podría ser manipulado para encubrir actos corruptos. Tras su aprobación, el proyecto fue enviado al ejecutivo, donde el presidente Guillermo Lasso vetó parcialmente catorce artículos. Finalmente, el 21 de julio de 2021 se aprobó el "Proyecto de Ley Orgánica Reformatoria del Código Orgánico Integral Penal para prevenir y combatir la violencia sexual digital y fortalecer la lucha contra los delitos informáticos", el cual incluyó varios artículos que tipifican delitos relacionados con la violencia digital, evidenciando un compromiso estatal por fortalecer la protección ante estas nuevas modalidades de agresión.

A pesar de las iniciativas implementadas en Ecuador para combatir la violencia digital, persiste una escasa tipicidad de este fenómeno en el Código Orgánico Integral Penal, lo que afecta gravemente el derecho a la intimidad de la información. Esta falta de regulación adecuada deja a muchas víctimas desprotegidas y vulnerables ante diversas formas de agresión digital, como el *deep fake porn* [4] y el *mobbing* [5], que han proliferado en el contexto tecnológico actual. Por ello, el objetivo de esta investigación es contribuir a la creación de un anteproyecto de ley reformatoria que modifique la sección sexta del COIP, referida a "Delitos contra el derecho a la intimidad personal y familiar". Para lograrlo, se empleará un Mapa Cognitivo Neutrosófico que permitirá un análisis exhaustivo de la tipicidad de la violencia digital en el marco legal ecuatoriano, buscando así fortalecer la protección de los derechos de las víctimas y ofrecer un enfoque integral que responda a las complejidades de la era digital.

2. Preliminares

La revolución digital ha transformado radicalmente la forma en que interactuamos, comunicamos y compartimos información, dando paso a nuevas realidades que, aunque ofrecen oportunidades, también han propiciado la aparición de delitos que vulneran la dignidad, la intimidad y los derechos de las personas. Entre estos delitos figuran el *deep fake porn*, que utiliza tecnologías avanzadas para manipular imágenes y videos en detrimento de las mujeres, y el *mobbing*, que se ha trasladado a entornos digitales y afecta especialmente a estudiantes universitarios. Estos fenómenos resaltan la importancia de establecer un marco legal sólido que aborde las complejidades de la violencia digital, protegiendo así la intimidad y los derechos fundamentales de las víctimas en una era en la que el acceso y el procesamiento de la información son cruciales. A continuación, se examinarán estos delitos y su impacto, así como la necesidad urgente de medidas efectivas para garantizar la seguridad y el respeto hacia todos los individuos en el entorno digital:

Deep Fake Porn: Desde 2017, el delito conocido como *deep fake porn* ha cobrado notoriedad en la esfera digital, evidenciando cómo la combinación de tecnología y abuso puede generar un impacto devastador sobre las mujeres. Esta práctica consiste en la manipulación de videos para insertar el rostro de actrices célebres en escenas pornográficas, lo que ha dado lugar a subcategorías como *deepnudes*, *nudefakes* y *celeb-porn*. En 2021, el desarrollo de inteligencia artificial que permite desnudar a mujeres a partir de fotografías incrementó la gravedad del problema, originando un fenómeno denominado *Automate abuse image* [6], que afectó a alrededor de 100,000 mujeres en 2020 . Este delito no solo plantea serias cuestiones éticas y legales, sino que también resalta la necesidad de una regulación específica.

Mobbing: El mobbing, descrito por René Pedroza Flores de la Universidad Autónoma del Estado de México como un acoso psicológico y moral ejercido por una persona o grupo sobre otra, ha aumentado de forma alarmante,

especialmente en los entornos universitarios [7]. Hoy en día, el *mobbing* se materializa principalmente a través de medios digitales, como WhatsApp, Facebook, Instagram y TikTok, afectando gravemente las relaciones interpersonales y la salud mental de los afectados. Este tipo de acoso se ha visto favorecido por el anonimato y la inmediatez que ofrecen las plataformas digitales, lo que complica aún más su identificación y sanción.

La intimidad de las víctimas de violencia digital es un tema central de esta investigación. Ricardo Yepes Stork define la intimidad como el mundo interior de un hombre, aludiendo a la singularidad y la irrepetibilidad de cada individuo [8]. De acuerdo con Yepes, este mundo interior es inviolable, lo que significa que la intimidad no puede ser compartida sin el consentimiento de la persona. Comprender la intimidad desde esta perspectiva es fundamental, ya que se considera un espacio que solo puede ser accedido por el propietario o por aquellos a quienes se les otorgue permiso. Así, la intimidad se presenta como un aspecto esencial de la dignidad humana, cuyo respeto debería ser garantizado por el marco legal.

Las generaciones digitales, que han crecido en la era informática, son las que más sufren las consecuencias de estos nuevos delitos. A pesar de sus habilidades para manejar la tecnología e información, estas generaciones enfrentan adicciones al uso excesivo del internet, lo que ha generado preocupaciones sobre su salud mental. Investigaciones, como las de Morrison y Gore, han evidenciado que los adolescentes que se consideran dependientes de internet muestran niveles más altos de depresión, mientras que otros estudios han vinculado el uso intensivo de la red con comportamientos agresivos y problemas en la adaptación social [9].

En Ecuador, las estadísticas sobre violencia digital siguen siendo alarmantes, aunque carecemos de cifras precisas proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Sin embargo, investigaciones del Taller Comunicación Mujer indican que el contacto sexual con niños y adolescentes a través de medios digitales es uno de los delitos más denunciados en el país. Asimismo, la ciberviolencia ha tomado la forma de violación a la intimidad, que se reportó con 7,822 casos entre agosto de 2014 y julio de 2019, de los cuales solo un pequeño porcentaje llegó a juicio. Estos números reflejan la desproporción entre la cantidad de denuncias y las sanciones efectivas, lo que genera un entorno de impunidad y temor entre las víctimas. Sin un marco jurídico adecuado, muchas víctimas se sienten desprotegidas y prefieren no denunciar, lo que perpetúa la violación de sus derechos a la intimidad, honra, dignidad y buen nombre. La falta de acciones concretas por parte del sistema judicial solo agrava la situación, dejando a las víctimas en un estado de indefensión y vulnerabilidad.

3. Materiales y métodos

Los problemas presentes para combatir la violencia digital que afecta gravemente el derecho a la intimidad de la información, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del conjunto de tendencias que representan las alternativas a analizar en el proceso sobre el pensamiento en el que:

El número de hechos delictivos $P= \{P_1, \dots P_n\}, n \geq 1,$

Que poseen un conjunto de características relacionadas al ciberacoso, que representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C= \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2.$

La investigación se enmarca en el objeto de estudio del análisis en los indicadores que permite evaluar la escasa tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente, se modeló las relaciones causales de los indicadores que permite evaluar la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información. En este estudio es necesario comprender los siguientes conceptos:

- **Modelos causales:** existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [10, 11] . La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

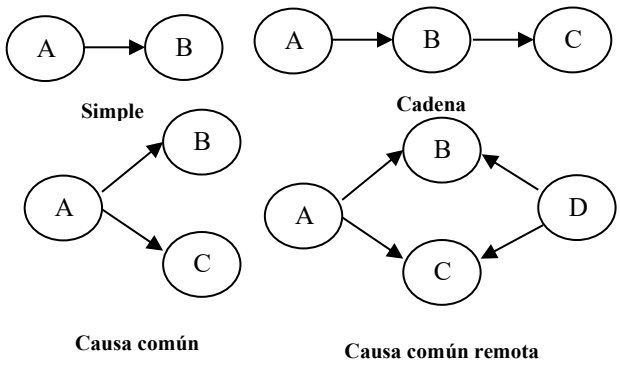

Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

- **Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN):** es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [12] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [13, 14].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [15]:

• $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.

• $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.

• $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

3.1 Método para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión en el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la integración de la tipicidad de la violencia digital con el derecho a la protección de la intimidad, a partir del conjunto de criterios que definen el caso. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas: entradas, procesamiento y salida de información.

Metodo para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información

Entradas	Procesamiento	Salidas
Indicadores	1. Identificación de los indicadores	
Expertos	2. Determinación de las relaciones causales	Relaciones causales
Causalidad	3. Determinación de los pesos	
Preferencias	4. Identificación de las preferencias	Inferencia
	5. Generación de la inferencia	

Figura 2. Estructura del método propuesto.

El método para el análisis de la tipicidad de la violencia digital, está conformado por cinco actividades: (1) identificación de las incidencias; (2) determinación de las relaciones causales; (3) identificación de los pesos atribuidos a las incidencias; (4) identificación de las preferencias; y (5) generación de la inferencia. Estas actividades son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los indicadores: La identificación de los indicadores para el análisis de la tipicidad de la violencia digital, en la que se determinan el conjunto general de indicadores que determinar la base de

inferencia [16-18]. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de indicadores posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: En esta actividad se utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de los indicadores [19, 20]. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los casos de ciberacoso y la protección a las víctimas. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los delitos digitales no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [21], [22], [23] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte causalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los indicadores: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [24], [25]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada caso.

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificaciones de las preferencias: la identificación de las preferencias es la actividad que consiste en determinar cuál es el comportamiento actual la tipicidad de la violencia digital en el COIP. Para ello se entrevista a los especialistas y se determina el grado de preferencia que poseen los indicadores a partir de la evaluación. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los casos se ciberacoso.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del indicador (AI)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del indicador (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del indicador (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del indicador (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del indicador (AP)

Actividad 5 generación de la inferencia: el proceso de generación del análisis se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [19, 26-28] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [29].

4 Resultados y discusión

La presente sección realiza una descripción de la implementación del método para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información, mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. El caso de estudio analiza el comportamiento en casos atendidos en Ecuador durante el año 2024. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función del análisis de los indicadores. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los indicadores:

Para determinar los indicadores se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los indicadores.

Nodo	Indicadores evaluativos
C_1	Definiciones relevantes en el COIP: ¿Está claramente tipificado el delito en la legislación? Verifica si el caso específico de ciberacoso se enmarca dentro de las definiciones legales existentes en el COIP.
C_2	Número de denuncias: ¿Se ha reportado el caso a las autoridades pertinentes? Evalúa cuántas denuncias han sido presentadas en relación con el caso particular.
C_3	Proporción de sanciones: ¿Qué porcentaje de casos similares han resultado en condenas? Determina si el caso ha resultado en una sanción o condena. ¿Se ha dictado alguna sentencia en relación con el ciberacoso?
C_4	Mecanismos de protección para la víctima: ¿Existen recursos legales o protección que la víctima pueda utilizar para salvaguardar su intimidad? Analiza si se han ofrecido mecanismos de protección a la víctima durante el proceso.
C_5	Conciencia y educación sobre derechos: ¿Hay acceso a información o recursos sobre cómo actuar ante el ciberacoso? Considera el nivel de conocimiento de la víctima sobre sus derechos a la intimidad y cómo manejar situaciones de ciberacoso.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre las incidencias se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.5, 0.25,0]	[0.5, 0.25,0]	[0.75, 0.5,0.25]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.5, 0.25,0]
C_3	[0.5, 0.25,0]	[0.5, 0.25,0]	[0, 0,0]	[0.5, 0.25,0]	[1,0,0]
C_4	[0.5, 0.25,0]	[1,0,0]	[0.5, 0.25,0]	[0, 0,0]	[0.75, 0.5,0.25]
C_5	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.5, 0.25,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los indicadores:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la ecuación (1), se obtiene el comportamiento del peso los indicadores para el análisis de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información. La Tabla 5

muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los indicadores

Nodos	Indicadores	Peso
C_1	Definiciones relevantes en el COIP	[0.55,0.50,0.50]
C_2	Número de denuncias	[0.65,0.35,0.40]
C_3	Proporción de sanciones	[0.50,0.50,0.50]
C_4	Mecanismos de protección para la víctima	[0.55,0.50,0.50]
C_5	Conciencia y educación sobre derechos	[0.60,0.35,0.40]

Actividad 4 identificación de las preferencias:

A partir de la entrevista a la víctima se determinó el grado de preferencia que poseen los indicadores evaluativos en la protección del derecho a la intimidad de la información. El estudio fue realizado en una alternativa que representa la víctima objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: preferencia atribuida a las incidencias de los indicadores

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.5, 0.25,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.5, 0.25,0]	[0.5, 0.25,0]

Actividad 5 generación de la inferencia:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de la efectividad de la tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información, mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los indicadores que miden la efectividad de la tipicidad actual. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran su evolución.

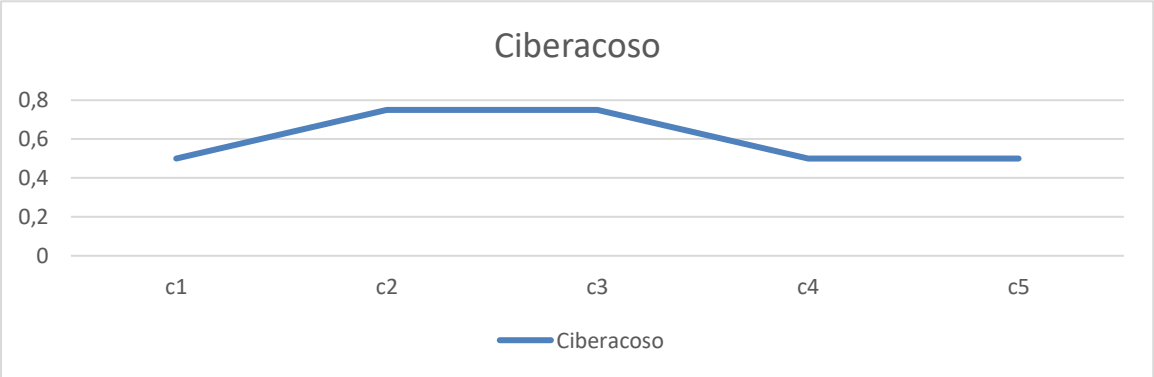

Figura 2: Resultado de la simulación de los indicadores.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a la alternativa y las preferencias se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia del indicador. La Tabla 6 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 6: Procesamiento de la inferencia

Alternativa A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.55,0.50,0.50]	[0.5, 0.25,0]	[0.52, 0.25,0]
C_2	[0.65,0.35,0.40]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.7, 0.5,0.25]
C_3	[0.50,0.50,0.50]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.62,0.35,0.40]
C_4	[0.55,0.50,0.50]	[0.5, 0.25,0]	[0.52, 0.25,0]
C_5	[0.60,0.35,0.40]	[0.5, 0.25,0]	[0.55, 0.25,0]
Índice			[0.53, 0.25,0]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un índice de

tipicidad de la violencia digital en el COIP y el derecho a la intimidad de la información de un I= 0.53, lo que representa un bajo índice de efectividad y protección.

Formulación de la propuesta

El resultado de la implementación del método neutrosófico ha revelado una escasa tipicidad de la violencia digital en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) y en la protección del derecho a la intimidad de la información. Esta situación evidencia la necesidad urgente de reformar la legislación actual para que Ecuador cuente con un marco legal que sancione de manera efectiva a quienes vulneran los derechos establecidos en la Constitución y en los Tratados y Convenios internacionales suscritos por el país. En este contexto, se propone la creación de un anteproyecto de ley reformatoria a la sección sexta del COIP, titulada "Delitos contra el derecho a la intimidad personal y familiar", incluyendo nuevos articulados que complementen lo estipulado en el artículo 178.

Implementar esta reforma no solo brindará un respaldo legal sólido que proteja la honra, dignidad y buen nombre de los ciudadanos ecuatorianos, sino que también contribuirá a generar bienestar y seguridad en la sociedad. Es fundamental que el nuevo Código permita a las víctimas de ciberacoso y violaciones a la intimidad contar con un marco que legitimice sus denuncias y garantice un proceso de justicia efectivo. Esta transformación legal será un paso crucial en el desarrollo de nuevas políticas públicas que aborden la problemática actual en el país, movilizando la participación de todos los actores y niveles de gobierno para brindar soluciones integrales a esta grave cuestión social.

La construcción de un marco legal robusto y comprensivo es indispensable para enfrentar los retos que plantea la era digital, asegurando así que los derechos de cada individuo sean salvaguardados y respetados, mediante políticas que promuevan una convivencia más segura y equitativa en el ámbito digital.

5. Discusión

La reforma a la sección sexta "Delitos contra el derecho a la intimidad personal y familiar" del Código Orgánico Integral Penal está destinada a actualizar la normativa penal ecuatoriana, reconocer y sancionar los nuevos tipos de violencia que surgen en el entorno digital.

Dentro de la investigación "Análisis de la Ley de Violencia Digital en Ecuador Una mirada a las experiencias de la violencia machista en el ámbito digital" realizado por Jhanela Anahí Durán González como tema para Maestría de Investigación en Género y Comunicación en la Universidad Andina Simón Bolívar encontramos varias aristas concordantes respecto de la problemática que planteamos en la presente investigación, datos como el informe de la Comisión de las Naciones Unides para Banda Ancha "tres cuartas partes de las mujeres han estado expuestas en línea a alguna forma de ciberviolencia" (ONU 2015). Además, agrega "73 % de las mujeres ya se ha visto expuesta o ha experimentado algún tipo de violencia en línea" (ONU 2015). Es importante adicionar la investigación realizada por los autores Miguel Ángel Guambo Llerena y Olivia Mishell Andrade Valle en su artículo "La violencia sexual digital y el derecho a la intimidad" abordando la situación grave que atraviesa el Ecuador respecto de la violencia en los medios digitales, llegamos a un mismo punto al considerar que el legislativo debe empezar a normar estas tipologías de delitos sexuales, que castiguen con normas claras y precisas, que otorguen protección a aquellas víctimas que únicamente se hallan en un estado de indefensión.

6. Conclusión

Los resultados de esta investigación evidencian la necesidad de reformar el Código Orgánico Integral Penal de Ecuador, dado el bajo índice de efectividad observado en la tipicidad de la violencia digital y la protección del derecho a la intimidad de la información. A través de la implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico, se pudo realizar un análisis exhaustivo que reveló la escasez de normativas específicas capaces de sancionar adecuadamente los delitos relacionados con el ciberacoso y otras formas de violencia digital. Esta carencia no solo deja a las víctimas en una situación de indefensión, sino que también perpetúa la impunidad en un contexto donde la violencia digital está en aumento. Por lo tanto, se concluye que la creación de un anteproyecto de ley reformatoria a la sección sexta del COIP, que incluya nuevos artículos complementarios al artículo 178, es fundamental para establecer un marco legal que proteja los derechos fundamentales de los ciudadanos. Solo mediante una legislación robusta y clara se podrá proporcionar bienestar y seguridad a la población, garantizando así el respeto a la honra, la dignidad y el buen nombre de cada individuo en el entorno digital.

Referencias

[1] M. Mukred, U. A. Mokhtar, F. A. Moafa, A. Gumaei, A. S. Sadiq, and A. Al-Othmani, "The roots of digital aggression: Exploring cyber-violence through a systematic literature review," *International Journal of Information Management Data Insights,* vol. 4, no. 2, pp. 100281, 2024.

[2] J. Van Ouytsel, Y. Lu, Y. Shin, B. L. Avalos, and J. Pettigrew, "Sexting, pressured sexting and associations with dating violence among early adolescents," *Computers in human behavior,* vol. 125, pp. 106969, 2021.

[3] A. E. N. Garcés, and J. N. Ruiz, "La violencia digital en México (Ley Olimpia)," *Revista Criminalia Nueva Época,* vol. 87, no. Conmemorativo, 2020.

[4] E. Meskys, J. Kalpokiene, P. Jurcys, and A. Liaudanskas, "Regulating deep fakes: legal and ethical considerations," *Journal of Intellectual Property Law & Practice,* vol. 15, no. 1, pp. 24-31, 2020.

[5] J. G. Carvajal Oroz, and C. A. Dávila Londoño, "Mobbing o acoso laboral. Revisión del tema en Colombia," *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle),* vol. 29, no. 49, pp. 95-106, 2013.

[6] E. Bursztein, E. Clarke, M. DeLaune, D. M. Elifff, N. Hsu, L. Olson, J. Shehan, M. Thakur, K. Thomas, and T. Bright, "Rethinking the detection of child sexual abuse imagery on the internet." pp. 2601-2607.

[7] R. P. Flores, "Mobbing en la universidad, violencia y hostigamiento grupal," *Revista Electrónica de Psicología Iztacala,* vol. 23, no. 1, 2020.

[8] L. M. Gómez Rivas, "A Chronicle of Liberal Thought in Spain: From Salamanca to Vienna Through Madrid," *The Emergence of a Tradition: Essays in Honor of Jesús Huerta de Soto, Volume II: Philosophy and Political Economy*, pp. 85-94: Springer, 2023.

[9] C. M. Morrison, and H. Gore, "The relationship between excessive Internet use and depression: a questionnaire-based study of 1,319 young people and adults," *Psychopathology,* vol. 43, no. 2, pp. 121-126, 2010.

[10] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[11] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[12] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[16] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[17] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[18] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[19] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[20] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[21] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.

[22] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[23] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

[24] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[25] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[26] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[27] O. Mar-Cornelio, I. Santana-Ching, and J. González-Gulín, "Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control," *Revista científica,* vol. 3, no. 36, 2019.

[28] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[29] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

Recibido: noviembre 18, 2024. **Aceptado:** diciembre 08, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Métodos AHP y Topsis para la estimación de la inteligencia emocional y su influencia en el estado de ánimo en los estudiantes.

AHP and Topsis methods for the estimation of emotional intelligence and its influence on mood in students.

Roberto Javier Aguilar Berrezueta[1], Blanca Cristina Estrella López[2], Guido Nino Guida Acevedo[3], and Valeria Lisseth López Pérez[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador, us.roberto26@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador, us.blancaestrella@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador, us.guidoga67@uniandes.edu.ec
[4] Investigadora independiente, Santo Domingo. Ecuador, valerialopezlp2550@gmail.com

Resumen. La inteligencia emocional se define como la capacidad de los individuos para reconocer, comprender y gestionar sus propias emociones, así como para interpretar las emociones de los demás. Este estudio se propone desarrollar un método que combine el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el método TOPSIS para evaluar la inteligencia emocional y su impacto en el estado de ánimo de los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES, en Santo Domingo, Ecuador. A lo largo del día, las personas experimentan una variedad de emociones que pueden influir en su bienestar general; por ejemplo, emociones como la felicidad o la tristeza pueden persistir y afectar el estado de ánimo. La capacidad de identificar y categorizar estas emociones es fundamental para desarrollar una mayor conciencia emocional. Este estudio no solo busca medir la inteligencia emocional, sino también explorar cómo esta habilidad puede facilitar el manejo de emociones cotidianas y, en consecuencia, mejorar el estado de ánimo de los participantes. Al integrar AHP y TOPSIS, se espera obtener un análisis riguroso que permita identificar las dimensiones más relevantes de la inteligencia emocional y su relación con el bienestar emocional en el contexto educativo y administrativo de la institución.

Palabras Claves: emociones, estrés, resiliencia, salud mental AHP de Saaty y Topsis, números neutrosóficos.

Abstract. Emotional intelligence is defined as the ability of individuals to recognize, understand, and manage their own emotions, as well as to interpret the emotions of others. This study aims to develop a methodological approach that combines the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the TOPSIS method to assess emotional intelligence and its impact on the mood of third-semester students and administrative staff at the UNIANDES School of Medicine, in Santo Domingo, Ecuador. Throughout the day, people experience a variety of emotions that can influence their overall well-being; for example, emotions such as happiness or sadness can persist and affect mood. The ability to identify and categorize these emotions is essential to developing greater emotional awareness. This study not only seeks to measure emotional intelligence, but also to explore how this ability can facilitate the management of everyday emotions and, consequently, improve the mood of participants. By integrating AHP and TOPSIS, it is expected to obtain a rigorous analysis that allows identifying the most relevant dimensions of emotional intelligence and its relationship with emotional well-being in the educational and administrative context of the institution.

Keywords: emotions, stress, resilience, mental health AHP of Saaty and Topsis, neutrosophic numbers

1 Introducción

La inteligencia emocional (IE), definida como un conjunto de habilidades para percibir, utilizar, comprender y gestionar las emociones, se ha asociado con una mejor adaptación psicosocial [1]. Estudios empíricos [2, 3]han encontrado una relación positiva de la IE con la función social y negativa con los conflictos en las relaciones sociales y en el rendimiento académico. Otras definiciones incluyen la capacidad de percibir, evaluar y expresar emociones con precisión; la capacidad de acceder y/o generar sentimientos cuando facilitan el pensamiento; la

capacidad de comprender las emociones; y la capacidad de regular las emociones para promover el crecimiento emocional e intelectual. La IE ha sido conceptualizada principalmente desde dos enfoques teóricos: como un rasgo o como una capacidad mental [4].

El rasgo IE, considerado un rasgo de personalidad, se refiere a la tendencia o proclividad de una persona a gestionar sus emociones. La IE rasgo generalmente se mide utilizando instrumentos de autoinforme, como el Cuestionario de Inteligencia Emocional de Rasgo (TEIQue), que pide al encuestado que estime el grado en que posee ciertas habilidades emocionales [5].

En el segundo enfoque teórico, la IE se define como un conjunto de habilidades que apoyan el uso adaptativo de las emociones como parte de los procesos cognitivos. En otras palabras, la IE se considera genuinamente una forma de inteligencia. La IE de capacidad generalmente se evalúa mediante pruebas de desempeño, como la Prueba de Inteligencia Emocional de Mayer-Salovey-Caruso (MSCEIT). Este instrumento es una prueba de desempeño porque requiere que los individuos resuelvan tareas, y es una prueba objetiva porque en ella hay mejores y peores respuestas, según lo determinado por el consenso o la puntuación de expertos [6].

La inteligencia emocional se entiende como una capacidad fundamental en los seres humanos que influye en diversas áreas de la vida, incluyendo las relaciones interpersonales y el bienestar personal. Investigaciones previas han demostrado que una alta inteligencia emocional se asocia con actitudes más positivas y efectivas ante los desafíos diarios. Esta habilidad no solo permite a las personas comprenderse a sí mismas, sino que también favorece la empatía hacia los demás, creando conexiones más profundas. Este fenómeno se observa claramente en el proceso de lectura, donde la capacidad de empatizar se extiende, permitiendo a los lectores reflexionar sobre sus propias vivencias a través de la narrativa de otros [7].

Históricamente, la lectura ha sido reconocida como una herramienta para enriquecer la vida de las personas. En la antigua Tebas, Egipto, se valoraba el libro-papiro por su capacidad de proporcionar calidad de vida. Esta práctica se vio reflejada en los siglos XVIII y XIX, cuando hospitales psiquiátricos en Europa implementaron la lectura como una forma de terapia, evidenciando su potencial para fomentar la salud mental. En la década de 1990, la Organización Mundial de la Salud (OMS) amplió su definición de salud, considerando no solo la ausencia de enfermedad, sino también factores que contribuyen a una buena calidad de vida. En este contexto, la lectura se reconoce como un recurso poderoso para nutrir el pensamiento y la vida emocional, proporcionando apoyo psíquico en momentos difíciles, y ha sido el foco de estudios que exploran su papel en la promoción de hábitos de vida saludables y en la mitigación del Burnout [8].

Dado lo anterior, la presente investigación se propone desarrollar un enfoque metodológico que combine el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el método TOPSIS para evaluar la inteligencia emocional y su influencia en el estado de ánimo de los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Carrera de medicina de UNIANDES, en Santo Domingo, Ecuador. Este estudio buscará proporcionar un análisis riguroso sobre los vínculos entre la inteligencia emocional, la lectura y el bienestar emocional, contribuyendo así al entendimiento de cómo estas variables pueden ser potenciadas en un contexto educativo y administrativo.

2 Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP Saaty) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [9]. Es uno de los métodos más extendidos para resolver problemas de toma de decisiones de múltiples criterios. Esta técnica modela el problema que conduce a la formación de una jerarquía representativa del esquema de toma de decisiones asociado. Esta jerarquía presenta en el nivel superior el objetivo que se persigue en la solución del problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las cuales se debe tomar una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados [10], [11].

Este método puede aplicarse a situaciones que involucran factores de tipo técnico, económico, político, social y cultural. Es decir, pretende ser una herramienta científica para abordar aquellos aspectos que son difícilmente cuantificables, pero que a veces requieren una unidad de medida. Algunos autores plantean que el AHP no ha sido bien comprendido, ya que va más allá de ser una simple metodología para situaciones de elección. Se plantea entonces, que la mejor manera de entender el método es describir sus tres funciones básicas:

- Estructurar la complejidad.
- Medir en una escala.
- Sintetizar.

El proceso se basa en varias etapas. La formulación del problema de la toma de decisiones en una estructura jerárquica y es la primera y principal etapa. Esta etapa es donde el tomador de decisiones debe desglosar el problema en sus componentes relevantes. La jerarquía básica está compuesta por: metas u objetivos generales, criterios y alternativas [12-14]. La jerarquía está construida de manera que los elementos sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos del siguiente nivel.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [15], [16]. Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles

intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [17], [18], [19].

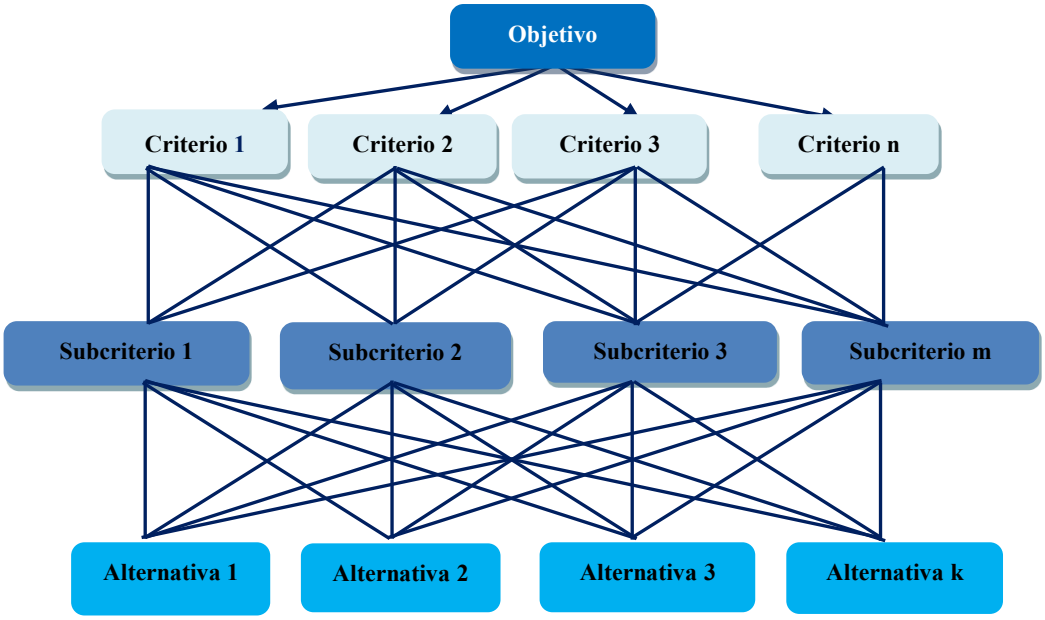

Figura 1. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [20-23]. Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Una representación de los modelos jerárquicos es posible mediante una representación con números neutrosóficos [24] expresados como se muestra a continuación.

$$v\,(p) \;=\; (T, I, F) \tag{1}$$

Donde:

$N \;=\; \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, es un valor neutrosófico que mapea un grupo de fórmulas proporcionales a N , por cada sentencia p. Para la selección de los atributos se emplea la escala lingüística propuesta por Sahin [25], [26]. La Tabla 1 muestra la propuesta de etiquetas lingüísticas con sus respectivos valores numéricos [27]. La selección se realiza mediante las etiquetas lingüísticas que son sustituidas por sus términos equivalentes para realizar el procesamiento matemático. La tabla 1 muestra una escala para la evaluación mediante números neutrosóficos que hace una extensión de la propuesta por Saaty.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala triangular neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$ $\tilde{4} = \langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$ $\tilde{6} = \langle(5,6,7);0.70,0.25,0.30\rangle$ $\tilde{8} = \langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$

A continuación, se presenta un algoritmo para el cálculo de éste, el cual debe aplicarse para todos los criterios:

- Para cada línea de la matriz de comparación por pares determinar una suma ponderada con base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa o criterio correspondiente.
- Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su alternativa o criterio correspondiente
- Determinar la media Λ_{max} del resultado de la etapa anterior.
- Calcular el índice de consistencia (CI) para cada alternativa o criterio.

Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λmax, el valor propio máximo de la matriz definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde n es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se da en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada índice.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si CR≤0.1 se puede considerar que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto se puede proceder a utilizar en el Proceso Analístico Jerárquico Neutrosófico (NAHP).

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) por sus siglas en inglés, es técnica que se caracteriza por su eficacia y la simplicidad de su principio en la solución de problemas de decisión multicriterio. El problema consiste en encontrar la alternativa mejor evaluada. En el caso de TOPSIS, la selección se basa en encontrar la alternativa que se acerca más a la solución ideal y a su vez se aleja más a la peor solución. El método Topsis permite combinar varios atributos heterogéneos en un índice adimensional único, y esto es debido a que muy posiblemente los atributos en evaluación estén expresados en unidades o escalas diferentes y se basa en el concepto de que la alternativa seleccionada debe tener la menor distancia euclidiana a una solución ideal y la mayor distancia euclidiana a una solución anti-ideal. Así, el orden de preferencia de las alternativas puede ser determinado mediante una serie de comparaciones de estas distancias. Ambas soluciones, la ideal y la anti-ideal, son soluciones ficticias [28]:

- La solución ideal es una solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores óptimos de cada atributo contenido en las alternativas;
- La solución anti-ideal es la solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores menos deseados de cada atributo contenido en las alternativas.

De esta manera, TOPSIS proporciona una solución que es no sólo la más cercana a una solución hipotéticamente mejor, sino también la más lejana a la hipotéticamente peor. A continuación, se describe el proceso:

1. Determinar el objetivo e identificar los atributos a evaluar.
2. Elaborar matriz con base en la información disponible sobre los atributos. Cada renglón corresponde a una alternativa y cada columna a un atributo. El elemento x_{ij} de la matriz representa el valor no normalizado del atributo j-ésimo para la i-ésima alternativa.
3. Calcular la matriz de decisión normalizada R_{ij}. Esto se obtiene al dividir cada valor del atributo x_j entre la raíz cuadrada de la sumatoria de los cuadrados de cada valor del atributo x_j. Esto se representa matemáticamente por la ecuación (1):

$$Rij = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{m=1}^{k} x_{mj}^2}} \quad (2)$$

4. Determinar la importancia relativa o peso para cada atributo con respecto al objetivo. Esto origina un conjunto de pesos w_j (para j = 1, 2, … , j) tales que $\sum w_j = 1$. Las ponderaciones se basan generalmente en juicios de expertos y deben reflejar la importancia relativa asignada a los atributos de desempeño evaluados. El rango de valores posibles de w_j sólo estará limitado por la capacidad de los elementos del grupo de decisión para distinguir la importancia relativa de los atributos de rendimiento analizados.
5. Obtener la matriz normalizada y ponderada V_{ij}. Esto se hace multiplicando cada elemento de las columnas de la matriz R_{ij} por su peso correspondiente w_j. Por lo tanto, los elementos de la matriz normalizada y ponderada son expresados por la ecuación 3:

$$V_{ij} = w_j * R_{ij} \quad (3)$$

6. Obtener la solución ideal y la anti-ideal: La solución ideal puede ser expresada como: (4) y la anti-ideal como (5). VJ+ indica el valor ideal del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas, mientras que VJ- indica el peor valor del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas.

$$V^{+} = \{V_1^{+}, V_2^{+}, V_3^{+}, \ldots., V_j^{+}\} \quad (4)$$

$$V^{-} = \{V_1^{-}, V_2^{-}, V_3^{-}, \ldots., V_j^{-}\} \quad (5)$$

7. Calcular las distancias euclidianas de cada alternativa a las soluciones ideal y anti-ideal mediante las siguientes ecuaciones:

$$D_i^{+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j} (V_{ij} - V_j^{+})^2} \quad (6)$$

$$D_i^{-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j} (V_{ij} - V_j^{-})^2} \quad (7)$$

8. La cercanía relativa Pi de una alternativa en particular a la solución ideal se expresa mediante (8):

$$P_i = \frac{D_i^{-}}{(D_i^{+} + D_i^{-})} \quad (8)$$

9. En este paso se genera un conjunto de alternativas en orden descendiente según el valor de Pi teniendo como mejor alternativa aquella con el valor más alto de Pi.

3 Resultados y discusión

Se diseñaron encuestas con el objetivo de que expertos en psicología y educación identificaran y evaluaran los criterios que permitan analizar la influencia de la inteligencia emocional en el estado de ánimo de los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES. Se seleccionaron expertos con una sólida formación académica y experiencia en el campo de la inteligencia emocional, la psicología educativa o la salud mental, garantizando así una visión amplia y fundamentada sobre el tema. Los criterios de inclusión para los expertos incluyeron una titulación de posgrado en áreas relacionadas, al menos cinco años de experiencia profesional en investigación y aplicación de estrategias de inteligencia emocional, y haber participado en conferencias o publicaciones relevantes en este ámbito. A continuación, se presentan y describen los cuatro criterios que se evaluarán en este estudio:

1. Autoconciencia emocional: Este criterio se refiere a la capacidad de los individuos para reconocer y comprender sus propias emociones y cómo estas afectan su comportamiento y estado de ánimo. La autoconciencia es fundamental para el desarrollo de una inteligencia emocional robusta.
2. Regulación emocional: Consiste en la habilidad para gestionar y controlar las emociones propias de manera efectiva, lo que contribuye a mantener un estado de ánimo positivo y constructivo, especialmente en situaciones de estrés académico o laboral.
3. Empatía: Este criterio evalúa la capacidad de los individuos para comprender y responder a las emociones de los demás, lo que favorece relaciones interpersonales saludables y un ambiente de trabajo y estudio más armonioso.
4. Habilidades sociales: Se refiere a la competencia para interactuar adecuadamente con otros, facilitando la comunicación efectiva y la resolución de conflictos, lo que es vital para el bienestar emocional tanto de los estudiantes como del personal administrativo.

A continuación, se presenta la tabla resultante con los pesos luego de haber efectuado la matriz de comparación binaria del AHP Saaty (ver tabla 3, 4 y 5).

Tabla 3. Matriz A de comparación por pares de los criterios

Criterios	Autoconciencia emocional	Regulación emocional	Empatía	Habilidades sociales
Autoconciencia emocional	0,2	0,5	1	3,0
Regulación emocional	1	3	0,1	0
Empatía	2	0	0,2	1
Habilidades sociales	0,1	1	3	0,2
Suma	3,30	4,60	4,30	4,30

Tabla 4. Matriz Normalizada

Criterios	Autoconciencia emocional	Regulación emocional	Empatía	Habilidades sociales	Peso
Autoconciencia emocional C1	0,20	0,05	0,20	0,10	0,13
Regulación emocional C2	0,20	0,50	0,9	0,30	0,47
Empatía C3	0,10	0,30	0,10	0,10	0,15
Habilidades sociales C4	0,10	0,10	0,30	0,20	0,17

Tabla 5. Análisis de la consistencia del ejercicio

Criterios	A x Peso	Valores propios aprox
C1	1.38	1.74
C2	1.72	2.36
C3	1.40	1.82
C4	1.42	1.84
Valor propio= 7.69	IC=0.04	RC=0.04<0.10 Consistente

Para determinar las alternativas claves a potenciar y tratar las emociones que alteran el estado de ánimo, se debe seguir la siguiente jerarquización: C2>C4> C3>C1>, según la modelación de AHP de Saaty.
La modelación del AHP Saaty define como factor de mayor nivel jerárquico a:

- Regulación emocional, y
- Habilidades sociales

Una vez calculado los pesos se decide aplicar la técnica Topsis para la evaluación de los enfoques, sobre los criterios antes mencionados, se utilizan los pesos resultantes del AHP de Saaty. A continuación, se exponen los resultados (ver tabla 6, 7 y 8):

Tabla 6. Matriz normalizada

Alternativas /Criterios	Autoconciencia emocional	Regulación emocional	Empatía	Habilidades sociales
Estabilidad emocional	0.33	0.05	0.13	0.14
Optimismo	0.33	0.52	0.6	0.42
Resiliencia	0.16	0.31	0.06	0.14
Motivación	0.16	0.10	0.2	0.28

Tabla 7. Matriz normalizada ponderada

Alternativas /Criterios	Autoeficacia	Adaptación	Salud mental	Bienestar
Estabilidad emocional	0.043	0.006	0.017	0.018
Optimismo	0.156	0.247	0.282	0.201
Resiliencia	0.025	0.047	0.01	0.021
Motivación	0.028	0.017	0.034	0.048
Pesos	0.21	0.26	0.28	0.24

Tabla 8. Cálculo de proximidad relativa a la solución ideal y orden

Alternativas	D+	D-	Ri	Orden jerárquico
Estabilidad emocional	0.021	0.253	0.27	4
Optimismo	0.221	0.319	0.54	1
Resiliencia	0.032	0.29	0.32	3
Motivación	0.025	0.343	0.36	2

Según lo expuesto en la implementación anterior, La influencia de la inteligencia emocional en el estado de

ánimo de los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES en Santo Domingo, Ecuador, se ha evidenciado a través de la aplicación de los métodos AHP y TOPSIS. Estos métodos han resaltado la importancia de la regulación emocional y las habilidades sociales como factores clave para promover un entorno más saludable y positivo. Para fortalecer la inteligencia emocional en este grupo, es fundamental implementar estrategias específicas que fortalezcan estas áreas. Algunas recomendaciones son:

- Desarrollo de talleres de regulación emocional: Realizar sesiones formativas que enseñen técnicas para identificar y gestionar las emociones, como la respiración profunda, la meditación y la reestructuración cognitiva.
- Fomento de habilidades sociales a través de dinámicas grupales: Organizar actividades que promuevan la interacción entre estudiantes y personal, facilitando el aprendizaje de habilidades sociales y el desarrollo de la empatía.
- Creación de espacios para la reflexión y el diálogo: Establecer momentos regulares donde los estudiantes y el personal puedan compartir sus experiencias y emociones, fomentando un clima de apoyo y entendimiento.
- Implementación de programas de mentoría: Conectar a estudiantes con mentores del personal administrativo para que compartan experiencias y aprendizajes, ayudando a construir relaciones interpersonales y habilidades sociales.
- Evaluación continua del bienestar emocional: Instaurar encuestas o entrevistas periódicas para monitorear el estado anímico de los involucrados y detectar áreas de mejora en la regulación emocional y las relaciones interpersonales.
- Integración de actividades recreativas y de bienestar: Promover la práctica de deportes y actividades recreativas que no solo sirvan para disminuir el estrés, sino que también fomenten la cooperación y el trabajo en equipo.

4 Discusiones

La inteligencia emocional constituye la capacidad de reconocer, comprender y gestionar tanto las emociones propias como las de los demás. Esta habilidad es fundamental en el ámbito educativo y laboral, pues influye significativamente en cómo los individuos se relacionan entre sí, así como en su bienestar psicológico. Para los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES en Santo Domingo, Ecuador, desarrollar una alta inteligencia emocional puede facilitar un entorno de aprendizaje más colaborativo y eficiente, además de mejorar el estado de ánimo general.

Una de las características más relevantes de la inteligencia emocional es la autoconciencia, que permite a las personas identificar sus emociones y comprender cómo estas afectan su comportamiento [29]. Esta habilidad se traduce en una mayor capacidad para manejar el estrés y la ansiedad, factores que a menudo afectan el rendimiento académico y la satisfacción laboral [30]. La regulación emocional, por otro lado, es esencial para controlar las reacciones ante situaciones desafiantes, lo que contribuye a una mayor estabilidad emocional. Los estudiantes y el personal administrativo que logran regular sus emociones adecuadamente están mejor equipados para enfrentar la presión, desarrollando una actitud positiva frente a los retos que se presentan [31].

Además, las habilidades sociales son un componente crucial de la inteligencia emocional. Estas habilidades permiten a los individuos interactuar de manera efectiva, construir relaciones sólidas y colaborar con otros. En un entorno educativo, una comunicación abierta y empática es determinante para crear un clima de confianza y apoyo, lo que puede fomentar un sentido de pertenencia y motivación. El desarrollo de estas habilidades no solo mejora el ambiente escolar, sino que también impacta positivamente en el estado de ánimo, ya que las relaciones interpersonales sanas son una fuente importante de felicidad y satisfacción [32].

Por otro lado, la empatía es otra dimensión de la inteligencia emocional que enriquece la interacción entre los individuos. Ser empático significa ser capaz de ponerse en el lugar del otro y comprender sus emociones [33]. Este enfoque no solo ayuda a mejorar la comunicación, sino que también reduce los conflictos y malentendidos en el contexto académico y profesional. La empatía potencia un ambiente donde todos se sienten valorados y escuchados, lo que a su vez eleva el estado de ánimo del grupo.

A partir de la implementación de los Métodos AHP y Topsis, se identificó que la inteligencia emocional desempeña un papel fundamental en el bienestar y el estado de ánimo de los estudiantes y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES. A través del desarrollo de la autoconciencia, la regulación emocional, las habilidades sociales y la empatía, se puede crear un entorno de aprendizaje y trabajo más saludable y productivo. La implementación de programas y estrategias que fortalezcan la inteligencia emocional no solo beneficiará a los individuos en sus interacciones, sino que también propiciará un clima organizacional más positivo, impulsando así el éxito académico y laboral de la comunidad educativa.

5 Conclusión

El estudio desarrollado permite aproximarse a la inteligencia emocional no solo como una fuente de formación e información, sino también como un aporte fundamental para la salud y el bienestar del individuo. Los resultados observados indican que la inteligencia emocional actúa como un umbral para aprender a gestionar las emociones, facilitando la regulación y el control del estado de ánimo de las personas. Con la ayuda de la autoconciencia, la autoconfianza, el autocontrol, la empatía, la motivación y la competencia social, que son ejes centrales de la inteligencia emocional, el individuo puede aprender a manejar las situaciones cotidianas de manera más efectiva.

Se anticipa la necesidad de continuar investigando en este campo a partir de este y otros trabajos, reconociendo las limitaciones que el estudio puede tener debido a su propia idiosincrasia. En la sociedad actual, persisten ciertos estereotipos sobre la inteligencia emocional; por ello, se sugiere la incorporación y el conocimiento de esta habilidad, con el fin de aprender a regular las emociones de manera adecuada.

Referencias

[1] A. E. Raghubir, "Emotional intelligence in professional nursing practice: A concept review using Rodgers's evolutionary analysis approach," *International journal of nursing sciences,* vol. 5, no. 2, pp. 126-130, 2018.

[2] M. Gunkel, C. Schlägel, and R. L. Engle, "Culture's influence on emotional intelligence: An empirical study of nine countries," *Journal of International Management,* vol. 20, no. 2, pp. 256-274, 2014.

[3] S. J. Zhang, Y. Q. Chen, and H. Sun, "Emotional intelligence, conflict management styles, and innovation performance: An empirical study of Chinese employees," *International journal of conflict management,* vol. 26, no. 4, pp. 450-478, 2015.

[4] R. Yang, V. G. Díaz, and C.-H. Hsu, "WITHDRAWN: Use of emotional intelligence to promote innovation among employees in the work environment through qualitative and quantitative analysis," Elsevier, 2021.

[5] A. M. Dåderman, and P. J. Kajonius, "An item response theory analysis of the Trait Emotional Intelligence Questionnaire Short-Form (TEIQue-SF) in the workplace," *Heliyon,* vol. 8, no. 2, 2022.

[6] J. D. Mayer, D. R. Caruso, G. Sitarenios, and M. R. Escobar, "How many emotional intelligence abilities are there? An examination of four measures of emotional intelligence," *Personality and Individual Differences,* vol. 219, pp. 112468, 2024.

[7] M. J. Rickard, D. Kozlowski, and M. Schnitzler, "Outcomes of Emotional Intelligence Training for Surgeons in a Real-World Setting: a Mixed Methods Study," *Journal of surgical education,* vol. 80, no. 10, pp. 1445-1453, 2023.

[8] G.-X. Lin, D. Szczygieł, and K. Piotrowski, "Child-oriented perfectionism and parental burnout: The moderating role of parents' emotional intelligence," *Personality and Individual Differences,* vol. 198, pp. 111805, 2022.

[9] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[10] A. Arquero, M. Alvarez, and E. Martinez, "Decision Management making by AHP (analytical hierarchy process) trought GIS data," *IEEE Latin America Transactions,* vol. 7, no. 1, pp. 101-106, 2009.

[11] S. E. López Cuenca, "Análisis de factibilidad y pertinencia del programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Innovación mediante el modelo AHP difuso," Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Comercial., 2017.

[12] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[13] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[14] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[15] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[16] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[17] C. Tubet Abramo, "Diseño de una metodología de evaluación de la sostenibilidad del Mix Eléctrico Nacional, basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)," 2016.

[18] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[19] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[20] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[21] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[22] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[23] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[24] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[25] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[26] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[27] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[28] R. G. Ortega, M. L. Vázquez, J. A. S. Figueiredo, & , and A. Guijarro-Rodriguez, "Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS.," *Neutrosophic Sets and Systems, 23, 160–171*, 2018.

[29] S. I. Arcela-Soto, P. S. López-Pérez, and J. Mendez-Vergaray, "Educación emocional en un aprendizaje a distancia. Revisión teórica," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 2, pp. 230-245, 2022.

[30] A. A. G. Muñoz, and A. d. P. V. Espín, "Inteligencia emocional y flexibilidad psicológica en estudiantes universitarios," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 7, pp. 135-144, 2023.

[31] A. Quílez-Robres, P. Usán, R. Lozano-Blasco, and C. Salavera, "Emotional intelligence and academic performance: A systematic review and meta-analysis," *Thinking Skills and Creativity,* vol. 49, pp. 101355, 2023.

[32] H. Galindo-Domínguez, and D. L. Iglesias, "Inteligencia emocional e ideación suicida en adolescentes: el rol mediador y moderador del apoyo social," *Revista de psicodidáctica,* vol. 28, no. 2, pp. 125-134, 2023.

[33] R. A. L. Poaquiza, and F. R. G. Manzano, "Inteligencia emocional y autoeficacia en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 166-177, 2024.

Recibido: noviembre 18, 2024. Aceptado: diciembre 09, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método nuetrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la Inteligencia Artificial.

Multi-criteria neurological method to evaluate the discriminatory discriminatory algorithms of Artificial Intelligence.

Paúl Orlando Piray Rodríguez[1], Guido Javier Silva Andrade[2], Josselyn Estefanía Yaulema Colcha[3], and Cynthia Belén Chango Paguay[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.paulpr13@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.guidosa38@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. josselynyc13@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. cynthiacp84@uniandes.edu.ec

Resumen. La presente investigación examina cómo la inteligencia artificial (IA) impacta los derechos fundamentales, enfocándose en la discriminación algorítmica. El objetivo es implementar un método neutrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la inteligencia artificial, así como evaluar los principales sistemas de IA y sus efectos sobre la igualdad y la no discriminación. A lo largo del análisis, se identificaron sesgos en los datos de entrenamiento que pueden conducir a decisiones discriminatorias; un ejemplo claro es la plataforma Canva, que asocia la pobreza con personas indígenas. Esta investigación subraya la importancia de la transparencia y la rendición de cuentas en los algoritmos de IA, proponiendo que el uso del método neutrosófico no solo ayudará a identificar y evaluar sesgos, sino que también facilitará el desarrollo de recomendaciones para mitigar la discriminación y asegurar la protección de los derechos fundamentales. Así, se busca contribuir a la creación de sistemas de IA más justos y equitativos, promoviendo la igualdad y la no discriminación en su implementación.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, inteligencia artificial, discriminación algorítmica, derechos fundamentales.

Abstract. This research examines how artificial intelligence (AI) impacts fundamental rights, focusing on algorithmic discrimination. The objective is to implement a multi-criteria neutrosophic method to evaluate discriminatory AI algorithms, as well as to assess the main AI systems and their effects on equality and non-discrimination. Throughout the analysis, biases were identified in the training data that can lead to discriminatory decisions; a clear example is the Canva platform, which associates poverty with indigenous people. This research underlines the importance of transparency and accountability in AI algorithms, proposing that the use of the neutrosophic method will not only help to identify and evaluate biases, but will also facilitate the development of recommendations to mitigate discrimination and ensure the protection of fundamental rights. Thus, it seeks to contribute to the creation of fairer and more equitable AI systems, promoting equality and non-discrimination in their implementation.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, artificial intelligence, algorithmic discrimination, fundamental rights.

1 Introducción

El avance de las nuevas tecnologías, en particular la inteligencia artificial (IA), ha traído consigo numerosas oportunidades y retos. Entre las oportunidades, la IA ha demostrado su capacidad para mejorar la eficiencia, precisión y alcance en diversos sectores, desde la salud hasta la educación, pasando por la economía y la administración pública. Sin embargo, junto a estos beneficios, surgen desafíos importantes que requieren una atención cuidadosa y una gestión responsable. Uno de los desafíos más críticos es el impacto de la IA en los derechos fundamentales, que incluyen el derecho a la igualdad, la no discriminación, la privacidad y la transparencia [1].

Investigaciones recientes [2-4]han manifestado que la preocupación principal radica en cómo los algoritmos de IA, al ser diseñados y entrenados con datos históricos, pueden perpetuar y amplificar los sesgos existentes en esos datos. Estos sesgos pueden ser de naturaleza racial, de género, socioeconómica, entre otros, y su inclusión en los sistemas de IA puede llevar a decisiones automatizadas que discriminan a ciertos grupos de personas. Por

ejemplo, en el ámbito laboral, los sistemas de IA utilizados para la selección de personal pueden descartar a candidatos de ciertos grupos étnicos o de género debido a patrones discriminatorios presentes en los datos de entrenamiento.

Además, como lo refiere Lipton [5], la naturaleza opaca de muchos algoritmos de IA, a menudo descrita como "cajas negras", significa que es difícil para los usuarios y reguladores entender cómo se toman las decisiones. Esta falta de transparencia puede dificultar la identificación y corrección de sesgos y errores, y plantea problemas significativos para la rendición de cuentas. Si una persona es discriminada por una decisión automatizada, puede ser difícil para ella comprender el motivo de la discriminación y buscar justicia.

El uso extensivo de datos personales para entrenar sistemas de IA también plantea serias preocupaciones sobre la privacidad. La recolección masiva de datos, muchas veces sin el consentimiento informado de los individuos, puede llevar a invasiones de privacidad y abusos de poder. La interconexión de diferentes fuentes de datos puede permitir la creación de perfiles detallados de los individuos, que pueden ser utilizados de manera indebida [6].

En este contexto, es crucial analizar las implicaciones de la IA para los derechos fundamentales, ya que la discriminación algorítmica no solo socava el principio de igualdad, sino que también puede exacerbar las desigualdades sociales existentes. Razón por las que la presente investigación tiene como objetivo implementar un Método nuetrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la Inteligencia Artificial. Los resultados generan una evaluación de los principales sistemas de inteligencia artificial (IA) y sus efectos en los derechos fundamentales.

2 Preliminares

Los derechos fundamentales son aquellos derechos inherentes a todos los seres humanos, sin importar raza, sexo, nacionalidad, etnia, idioma, religión o cualquier otra condición. Incluyen derechos como la vida y la libertad, la libertad de expresión, el derecho a la privacidad, así como la igualdad y no discriminación. Estos derechos están protegidos por diversas declaraciones y convenciones internacionales, como la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 y la Convención Internacional sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación Racial (1965).

La creciente integración de algoritmos en distintos aspectos de la vida moderna presenta retos significativos para la protección de estos derechos fundamentales. Los algoritmos, utilizados en aplicaciones que van desde la generación de texto hasta la creación de imágenes, pueden perpetuar o incluso agravar la discriminación si no son diseñados y utilizados de manera ética y en respeto a los derechos fundamentales.

Ahora bien, la inteligencia artificial, sin duda ha emergido como una de las tecnologías más transformadoras de la era moderna, revolucionando diversas áreas de nuestra vida cotidiana y profesional, sus ilimitadas aplicaciones en distintos sectores la han posicionado como una de las tecnologías más importantes en la era digital [7].

La inteligencia artificial se define como el campo de la informática que se enfoca en la creación de sistemas capaces de llevar a cabo tareas que usualmente requieren inteligencia humana. Estas tareas incluyen el razonamiento, la resolución de problemas, la percepción, el aprendizaje y la toma de decisiones. La IA se basa en algoritmos y modelos matemáticos que permiten a las máquinas aprender de datos, adaptarse a nuevas situaciones y ejecutar funciones de manera autónoma [8].

La IA actual se clasifica en dos categorías principales: la IA débil y la IA fuerte. La IA débil, también conocida como IA específica, está diseñada para realizar tareas concretas y limitadas, como la asistencia en la búsqueda de información o el reconocimiento de voz. En contraste, la IA fuerte, o IA general, busca replicar la capacidad cognitiva humana en un sentido más amplio, permitiendo a las máquinas entender, razonar y aprender de manera similar a los seres humanos [9].

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando numerosos sectores, proporcionando soluciones innovadoras y transformadoras que impactan nuestra vida cotidiana y las operaciones comerciales. Su capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos, aprender de experiencias pasadas y tomar decisiones automatizadas ha dado lugar a avances significativos en áreas clave como la atención médica, la educación, el transporte y el entretenimiento [10].

La Discriminación Algorítmica

La discriminación algorítmica se manifiesta cuando los sistemas de inteligencia artificial (IA) y los algoritmos automatizados perpetúan o amplifican sesgos preexistentes en los datos con los que se entrenan. Este fenómeno ocurre cuando las decisiones tomadas por un algoritmo afectan de manera desproporcionada a ciertos grupos de personas, creando o exacerbando injusticias. En esencia, la discriminación algorítmica resulta en la aplicación de prácticas sesgadas que reflejan y refuerzan desigualdades sociales existentes [11].

Este fenómeno se debe a que los datos de entrenamiento suelen reflejar las desigualdades y prejuicios existentes en la sociedad. Así, cuando una IA asocia automáticamente la pobreza con características indígenas, no solo está reproduciendo un sesgo presente en los datos históricos, sino que también está reforzando un estereotipo dañino [12].

Esta representación sesgada es problemática por varias razones. Primero, consolida estereotipos negativos al perpetuar la imagen de que la pobreza es una característica inherente a las personas indígenas, ignorando la diversidad y complejidad de sus experiencias. Esto simplifica la realidad de las comunidades indígenas, omitiendo sus logros, contribuciones y la riqueza de sus culturas. Además, las imágenes tienen un poder significativo en la formación de percepciones y actitudes. La repetida exposición a imágenes que representan a las personas indígenas como pobres puede influir en cómo se perciben y tratan a estas comunidades en la vida diaria, alimentando actitudes y comportamientos discriminatorios.

Ante los problemas de contenido ofensivo y discriminatorio, desarrolladores de aplicaciones como Canva (2024) han implementado mecanismos que permiten a los usuarios denunciar imágenes inapropiadas, brindando una forma de retroalimentación y corrección. Esta iniciativa es un paso relevante hacia la protección de los derechos fundamentales y la ética en el desarrollo de inteligencia artificial. Sin embargo, esta medida reactiva no es suficiente por sí sola. Es fundamental que los desarrolladores también se centren en prevenir la inclusión de sesgos en los datos de entrenamiento y en diseñar algoritmos que sean más transparentes, respetando así los derechos fundamentales de personas, comunidades, pueblos y etnias [13].

2.2 Diseño del método nuetrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la IA

Para determinar la prevalencia algoritmos discriminatorios se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre [14, 15]. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para evaluar los algoritmos discriminatorios de la IA. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determina la evaluación.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Representa el conjunto de criterios que se evalúan para identificar algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},\ \mathrm{n} \geq 2$, que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios.

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios.

Actividad 3: Evaluación de los criterios sobre los algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales.

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar la evaluación de los algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [16], [17], [18] que constituye un método multicriterio [19-21]. La Ponderación Lineal Neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [22]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [23-25]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio[26] [27], [28]. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [29-32]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene [33-35]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:
T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,
I: representa la falsedad,
F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:
$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$. asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
$r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Resultados y discusión

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para evaluar los algoritmos discriminatorios de la Inteligencia Artificial.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Para llevar a cabo una evaluación rigurosa de los algoritmos discriminatorios de la inteligencia artificial que impactan en los derechos fundamentales, se convocó a un panel de siete expertos con diversas cualidades y competencias técnicas. Este grupo incluye especialistas en cibernética, programación, ética de la inteligencia artificial, análisis de datos y estudios de derechos humanos. Los expertos destacan por su experiencia en el desarrollo de algoritmos, su capacidad para identificar sesgos en los datos y su conocimiento en metodologías de evaluación de sistemas complejos. Además, cuentan con formación en ciencias computacionales, ingeniería de software y análisis estadístico, lo que les permite abordar aspectos técnicos y éticos de la inteligencia artificial. Los criterios de inclusión para seleccionar a estos expertos fueron: tener al menos cinco años de experiencia en investigación o desarrollo en inteligencia artificial; haber trabajado en proyectos relacionados con la ética y la transparencia en AI; contar con publicaciones relevantes en revistas académicas sobre el tema; y poseer habilidades probadas en la identificación y mitigación de sesgos algorítmicos. La tabla 2 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

No	Criterios evaluativos
C_1	Evaluación de contenidos generados: Examina las respuestas o contenidos producidos por la IA ante solicitudes específicas. Presta atención a cómo se representan diferentes grupos demográficos y si las imágenes o textos resultantes contienen estereotipos, generalizaciones negativas o sesgos asociados. Por ejemplo, una IA que genera visuales de familias en situaciones económicas difíciles debe hacerlo sin recurrir a representaciones estigmatizantes.
C_2	Análisis de contextualización: Observa la capacidad de la IA para entender y contextualizar solicitudes complejas. Evalúa si las respuestas reflejan una comprensión completa y equilibrada de las cuestiones involucradas o si caen en simplificaciones que pueden resultar ofensivas o discriminatorias. Un sistema que no logra contextualizar correctamente podría perpetuar decisiones sesgadas o erróneas.
C_3	Imparcialidad en las respuestas: Analiza si las respuestas dadas por la IA son consistentes con principios de igualdad y no discriminación. Asegúrate de que la IA no favorezca ciertas perspectivas o grupos por encima de otros, especialmente en temas sensibles. Preguntas sobre la situación de grupos vulnerables deben ser tratadas de manera justa y respetuosa.
C_4	Mecanismos de respuesta y corrección: Evalúa si la IA proporciona opciones para que los usuarios informen o corrijan respuestas que consideren inapropiadas o sesgadas. Un sistema que permite la retroalimentación y tiene procesos para abordar problemas de contenido es un indicador de un enfoque consciente hacia la ética y la responsividad ante la discriminación.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para evaluar algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(1,0,0)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios evaluativos.

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para cuantificar la prevalencia de algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales, se realizó un test en Canva. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar prevalencia algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
C_3	Medianamente mala (MDM)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Mala (MA)	(0.60,0.35,0.40)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza la evaluación para para determinar prevalencia de algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.60,0.35,0.40)	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)
C_2	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0,15,0.20)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.60,0.35,0.40)	(0.8,0,15,0.20)	(0.70,0.25,0.30)
Inferencia			(0.82,0,15,0.20)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que el análisis sobre los algoritmos discriminatorios de la IA que impactan en los derechos fundamentales, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio con un índice de 0.82.

4 Discusiones

En el caso de la plataforma de diseño y comunicación Canva, la inteligencia artificial de este aplicativo tiene la capacidad de generar imágenes basadas en descripciones específicas. Por ejemplo, al solicitarle que produzca imágenes con la descripción "familia pobre en Ecuador", el sistema utiliza algoritmos de IA para interpretar la solicitud y crear imágenes que reflejen esta situación, como se aprecia en las siguientes imágenes:

Figura 1. "Familia pobre de Ecuador".
Fuente: Canva (2024).

Así también se solicitó a la IA que genere imágenes de "Mujeres pobres de ecuador", y generó las imágenes que se muestran en la figura 2.

Figura 2. "Mujeres pobres de Ecuador".
Fuente: Canva (2024),

Este proceso muestra cómo la IA puede combinar conceptos visuales y contextuales para generar contenido visual, aunque es importante considerar la sensibilidad y precisión en la representación de contextos culturales y socioeconómicos en tales imágenes. Como en las imágenes en donde se observa que la IA, asocia a la pobreza con personas indígenas, situación que podría ser considerada como discriminatoria.

En la evaluación de algoritmos discriminatorios influyen varios criterios como:

i. Análisis de datos de entrenamiento: Este criterio implica examinar la calidad y diversidad de los datos utilizados para entrenar los algoritmos. Es esencial que los datos representen equitativamente a todos los grupos demográficos para evitar sesgos inherentes que puedan dar lugar a decisiones discriminatorias.

ii. Transparencia algorítmica: Se evaluará si los algoritmos son comprensibles y si los procesos de toma de decisiones son transparentes. Esto incluye la capacidad de los usuarios para acceder a la información sobre cómo los algoritmos funcionan y qué criterios utilizan para llegar a decisiones específicas.

iii. Pruebas de resultados discriminatorios: Se realizará una evaluación como pruebas de rendimiento y análisis estadísticos para identificar si los resultados producidos por la inteligencia artificial son sesgados en contra de determinados grupos. Estos análisis ayudarán a discernir si existen disparidades en los resultados en función de características sensibles como raza, género o etnia.

iv. Mecanismos de corrección y retroalimentación: Este criterio implica evaluar la existencia y eficacia de mecanismos que permitan a los usuarios reportar y corregir situaciones discriminatorias que surjan en el uso de la inteligencia artificial. Un sistema efectivo de retroalimentación es crucial para la mejora continua y la adaptación de los algoritmos hacia un uso más ético y equitativo.

La inteligencia artificial (IA) ha surgido como una tecnología revolucionaria, impactando de manera profunda diversos aspectos de la vida diaria y profesional. Desde asistentes virtuales que simplifican la gestión de tareas cotidianas hasta algoritmos que optimizan procesos en negocios y en el ámbito médico, la IA está en el centro de muchas de las innovaciones actuales. Su habilidad para procesar grandes cantidades de datos, realizar tareas complejas y tomar decisiones basadas en patrones aprendidos ha conducido a avances notables en campos como la atención sanitaria, el transporte, el comercio en línea y el entretenimiento.

No obstante, el progreso en IA conlleva retos éticos y legales, particularmente en relación con los derechos fundamentales. La implementación de IA debe ser regulada con precisión para asegurar que no se violen derechos esenciales como la igualdad y la no discriminación. Los sistemas de IA pueden, sin intención, perpetuar o intensificar sesgos presentes en los datos con los que se entrenan, lo que podría dar lugar a decisiones injustas o discriminatorias. Por ejemplo, la representación de personas indígenas como empobrecidas en imágenes generadas por IA puede perpetuar estereotipos perjudiciales y reforzar ideas preconcebidas que fomentan la discriminación [14, 15].

Las imágenes tienen un gran impacto en la percepción social y cultural, y cuando estas muestran de manera consistente a personas indígenas en situaciones de pobreza, se consolida la noción errónea de que la pobreza es una característica inherente a la identidad indígena. Esto simplifica la diversidad y complejidad de las comunidades indígenas, ignorando las múltiples facetas de su vida cultural, económica y social, y reduciéndolas a una sola dimensión negativa [6].

Además, al ver repetidamente estas imágenes, las personas pueden internalizar estos prejuicios, lo que conduce a una visión sesgada y discriminatoria. Esta visión influye en la forma en que las personas interactúan con los indígenas, alimentando actitudes y comportamientos discriminatorios en la vida cotidiana. Las imágenes que refuerzan estereotipos negativos no solo afectan la percepción pública, sino que también pueden tener un impacto directo en la autoestima y la identidad de las personas indígenas, contribuyendo a su marginación y exclusión social.

Por lo tanto, es crucial ser conscientes del poder de las imágenes y trabajar para representar a las comunidades indígenas de manera más justa y equilibrada. Esto implica mostrar la diversidad y la riqueza de sus culturas, así como sus contribuciones y logros en diversos campos. Solo a través de una representación más inclusiva y precisa podemos combatir los estereotipos y promover una sociedad más equitativa y respetuosa.

5 Conclusión

A partir del análisis realizado, se concluye que la evaluación de los algoritmos discriminatorios de la inteligencia artificial, en el contexto de los derechos fundamentales, se clasifica como Medianamente Mala (MDM), con un índice de 0.42. Este resultado sugiere que existen deficiencias significativas en la forma en que estos algoritmos abordan la equidad y la no discriminación, revelando la necesidad urgente de implementar mejoras sustanciales. La clasificación indica que, si bien hay ciertos esfuerzos hacia la mitigación de sesgos, las inconsistencias y expectativas insuficientes en la representación de diversos grupos demográficos aún prevalecen. Esta situación pone de manifiesto la importancia de desarrollar mecanismos más robustos de transparencia y evaluación continua dentro de los sistemas de inteligencia artificial, así como la necesidad de un enfoque más comprometido por parte de los desarrolladores para garantizar que sus aplicaciones respeten y protejan los derechos fundamentales de todas las personas.

La representación consistente de personas indígenas en situaciones de pobreza en imágenes generadas por inteligencia artificial puede reforzar estereotipos dañinos y contribuir a la discriminación. Esta representación simplifica la complejidad de las comunidades indígenas y perpetúa la noción errónea de que la pobreza es una característica inherente a su identidad. La repetición de tales imágenes puede influir negativamente en la percepción pública y fomentar actitudes discriminatorias, afectando tanto la autoestima de las personas indígenas como su interacción con la sociedad.

Es fundamental reconocer el impacto de las imágenes en la percepción social y trabajar para representar a las comunidades indígenas de manera más justa y equilibrada. Mostrar la diversidad, la riqueza cultural y los logros de estas comunidades es esencial para combatir estereotipos y promover una sociedad más equitativa y respetuosa. La representación inclusiva y precisa ayuda a evitar la marginación y exclusión social, contribuyendo a una percepción más completa y positiva de las personas indígenas.

Referencias

[1] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, V. M. G. Macías, and O. M. Cornelio, "La enseñanza–aprendizaje de la neurociencia en la educación superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2023.

[2] O. Ore, and M. Sposato, "Opportunities and risks of artificial intelligence in recruitment and selection," *International Journal of Organizational Analysis,* vol. 30, no. 6, pp. 1771-1782, 2022.

[3] F. Zuiderveen Borgesius, "Discrimination, artificial intelligence, and algorithmic decision-making," *Council of Europe, Directorate General of Democracy*, pp. 42, 2018.

[4] M. A. Malek, "Criminal courts' artificial intelligence: the way it reinforces bias and discrimination," *AI and Ethics,* vol. 2, no. 1, pp. 233-245, 2022.

[5] C. L. Zachary, "The mythos of model interpretability," *Communications of the ACM*, pp. 1-6, 2016.

[6] A. Habbal, M. K. Ali, and M. A. Abuzaraida, "Artificial Intelligence Trust, risk and security management (AI trism): Frameworks, applications, challenges and future research directions," *Expert Systems with Applications,* vol. 240, pp. 122442, 2024.

[7] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[8] S. Russell, and P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th Global ed," Pearson Education Limited: London, UK, 2022.

[9] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *nature,* vol. 521, no. 7553, pp. 436-444, 2015.

[10] X. Wu, R. Duan, and J. Ni, "Unveiling security, privacy, and ethical concerns of ChatGPT," *Journal of Information and Intelligence,* vol. 2, no. 2, pp. 102-115, 2024.

[11] L. Weinberg, "Rethinking fairness: An interdisciplinary survey of critiques of hegemonic ML fairness approaches," *Journal of Artificial Intelligence Research,* vol. 74, pp. 75-109, 2022.

[12] A. D. Selbst, and S. Barocas, "Big data's disparate impact," *California Law Review,* vol. 104, no. 3, 2016.

[13] K. Crawford, "The Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence," Yale University Press, 2021.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[17] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[18] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[19] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[20] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[21] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[22] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[23] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[24] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[25] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[26] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[27] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[28] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[29] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[30] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[31] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[32] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[33] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[34] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[35] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

Recibido: noviembre 19, 2024. Aceptado: diciembre 10, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países.

System of recommendations on migration and in-migration immigration of Ecuadorian nationals to other countries.

José Milton Jiménez Montenegro[1], Nelson Fabricio Samaniego Guanga[2], Doménica Dayana Tamayo García[3], and Gabriela Ángeles Montenegro Cáceres[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.josejimenez@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. nelsonsg01@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. domenicatg61@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. gabrielamc65@uniandes.edu.ec

Resumen. La presente investigación tiene como objetivo implementar un sistema de recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países, en un contexto donde la emigración ha generado cambios significativos en la economía y cultura del país. La comprensión integral de este fenómeno no solo beneficiará a Ecuador, sino también a los países que han establecido lazos laborales y sociales con los migrantes. Este sistema buscará analizar los impactos económicos de la emigración, considerando factores más allá de lo meramente financiero, como las dinámicas de desarrollo y las condiciones que han propiciado la migración. Se explorarán las limitaciones de la emigración en el desarrollo, en un marco de globalización que ha ampliado las oportunidades de vida para muchos ecuatorianos, facilitadas por avances tecnológicos en comunicación y transporte, así como por redes sociales de migrantes que ofrecen información y conexiones. Además, se abordarán diversas posturas económicas que explican la migración, incluyendo las diferencias salariales y otros factores como la calidad del empleo y la vida, que influyen en las decisiones de los individuos migrantes. A través de este enfoque, se espera proporcionar recomendaciones concretas que ayuden a optimizar las políticas migratorias y a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos ecuatorianos en el extranjero.

Palabras: números neutrosóficos, sistema de recomendaciones, migración e inmigración, población.

Abstract. The purpose of this research is to implement a system of recommendations on the migration and immigration of Ecuadorian citizens to other countries, in a context where emigration has generated significant changes in the economy and culture of the country. A comprehensive understanding of this phenomenon will not only benefit Ecuador, but also the countries that have established labor and social ties with migrants. This system will seek to analyze the economic impacts of emigration, considering factors beyond the merely financial, such as development dynamics and the conditions that have fostered migration. The limitations of emigration in development will be explored, in a framework of globalization that has expanded life opportunities for many Ecuadorians, facilitated by technological advances in communication and transportation, as well as by social networks of migrants that offer information and connections. In addition, various economic positions that explain migration will be addressed, including wage differences and other factors such as the quality of employment and life, which influence the decisions of migrant individuals. Through this approach, it is hoped to provide concrete recommendations that will help optimize migration policies and improve the quality of life of Ecuadorian citizens abroad.

Keywords: neutrosophic numbers, recommendation system, migration and immigration, population.

1 Introducción

En Ecuador, la migración y la inmigración han constituido fenómenos determinantes en la configuración de su historia y su realidad socioeconómica. A lo largo del siglo XX y principios del XXI, el país ha atravesado

distintas olas migratorias que han reflejado tanto la emigración de sus ciudadanos como la llegada de personas de otras naciones. Durante este tiempo, Ecuador se ha enfrentado a altos índices de emigración, impulsada por factores tales como la inestabilidad económica, la escasez de oportunidades laborales y crisis políticas. La ineficacia de políticas públicas que fomenten la creación de puestos de trabajo ha llevado a muchos ecuatorianos a buscar mejores condiciones de vida en el extranjero, particularmente en destinos como Estados Unidos, España y otros países de América del Sur [1]. Este exilio forzado ha comportado profundas consecuencias para el país, incluyendo la pérdida de capital humano esencial y la creciente dependencia de las remesas que los migrantes envían a sus familias, constituyendo estas un soporte crítico para la economía local [2].

Simultáneamente, Ecuador ha sido testigo de un notable aumento en la inmigración, particularmente a raíz de la crisis venezolana iniciada en 2015. La llegada de inmigrantes venezolanos ha transformado la demografía del país, trayendo consigo una diversidad cultural que, aunque enriquecedora, plantea desafíos en términos de integración y la coordinación de recursos [3]. Asimismo, esta afluencia de población ha tenido efectos significativos en los ámbitos económico, cultural y social de las comunidades receptoras. Así, tanto la migración como la inmigración han jugado roles cruciales en la evolución de la sociedad ecuatoriana, impactando su estructura demográfica y sus dinámicas económicas y culturales.

Dada esta compleja realidad migratoria, es imperativo que el Estado y los gobiernos seccionales comprendan y gestionen estas dinámicas de manera efectiva. La erradicación de los flujos migratorios y la maximización de sus impactos positivos representan una prioridad estratégica para abordar los desafíos asociados y aprovechar las oportunidades que surgen de estas interacciones humanas. En este contexto, resulta fundamental implementar políticas integrales que no solo regulen la migración y la inmigración, sino que también promuevan la inclusión y el bienestar de todas las comunidades involucradas, creando un ecosistema social más equitativo y sostenible.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo implementar un sistema de recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países.

2 Materiales y métodos

Los Sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [4]. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario [5]. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetico servir como herramienta de apoyo en el análisis de la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países. Consta de cuatro procesos principales: creación de la base de perfiles de la persona, obtención de los perfiles de la persona, filtrado y generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

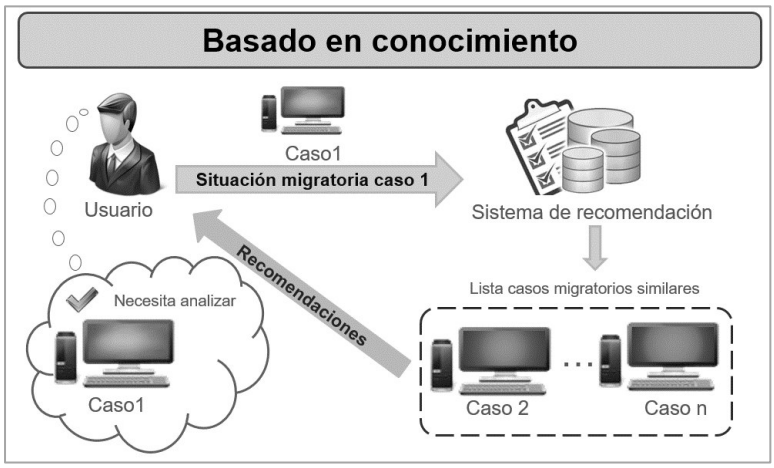

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones basado en conocimiento.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos SVN [6]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles migratorios:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones determinándose el perfil migratorio tal como expresa la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (1)$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de las oficinas de control migratorio:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \quad (2)$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [7-9]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos migratorios con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (3)$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [10-12]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones [13].

Actividad 2. Obtención del perfil de casos migratorios:

En esta actividad se determina la información del caso migratorio, almacenándose en un perfil de modo que [14-17]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \quad (4)$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan el caso:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \quad (5)$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados a las necesidades específicas del especialista de movilidad humana a cargo del caso.

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son los más críticos según las características del perfil inicial proporcionado por el usuario.

Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil del caso migratorio P_e , proporcionado por el usuario, y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos, y que ha sido almacenado como caso procesado. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil inicial y los almacenados a_j [18-20]. En un sistema de recomendaciones basado en conocimiento, se busca evitar el problema del arranque en frío, conocido como *cold start*, mediante la creación de un perfil inicial que actúa como referencia. Este enfoque es fundamental, ya que el arranque en frío se presenta cuando un sistema carece de datos sobre un usuario nuevo, lo que dificulta la capacidad de ofrecer recomendaciones pertinentes. Al establecer un perfil inicial, se proporciona al sistema una base sobre la cual puede operar, permitiéndole generar recomendaciones más relevantes desde el principio.

El uso de un perfil inicial no solo ayuda a mitigar el efecto del arranque en frío, sino que también permite al sistema aprovechar el conocimiento previo acumulado, incluyendo patrones de comportamiento y preferencias generales de otros usuarios. Al incorporar este tipo de información, el sistema puede operar de manera más efectiva, incluso en los primeros momentos, y ofrecer recomendaciones que se alinean con los intereses potenciales del nuevo usuario. Esta estrategia no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también aumenta la confianza en el sistema, ya que las recomendaciones se perciben como más precisas y útiles desde el inicio. La creación de un perfil inicial es una práctica crucial para optimizar la efectividad de los sistemas de recomendación basados en conocimiento, fomentando un contacto más fluido entre el usuario y el sistema desde el primer momento.

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil inicial y los almacenados en la base de datos, se ordenan los perfiles de acuerdo a la similitud obtenida, representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué perfil de caso migratorio que más se asemeja con casos anteriores de migración e inmigración, según el grado de similaridad.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitan el trabajo para el posible manejo de un caso migratorio complejo. Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee A casos:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 a_6, a_7\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$$

Donde se tienen en cuenta los siguientes datos:

- Motivo de la migración: Este criterio detalla las razones específicas que llevaron al individuo o grupo a emigrar. Puede incluir factores económicos (búsqueda de mejores oportunidades laborales), sociales (unión familiar, calidad de vida), políticas (persecución, inseguridad) o educativas (acceso a una educación de calidad). Documentar el motivo permite entender las necesidades y circunstancias que influyen en la decisión de migrar.
- Perfil demográfico: Esta sección incluye información sobre la edad, sexo, nivel educativo, ocupación y estado civil del migrante. Estos datos ayudan a identificar patrones y tendencias en la migración, así como los grupos demográficos más vulnerables o propensos a emigrar, lo cual es esencial para diseñar políticas específicas.
- Ruta migratoria: Este criterio describe el trayecto seguido por el migrante, desde el país de origen hasta su destino final. Incluye información sobre los países atravesados, los medios de transporte utilizados y los riesgos enfrentados durante el viaje. Registrar las rutas migratorias es vital para entender los desafíos y condiciones a las que se enfrentan los migrantes en el camino.
- Experiencia en el país de destino: Se documentan las condiciones de vida en el nuevo país, incluyendo el acceso a empleo, servicios de salud, vivienda y educación. También se pueden incluir experiencias de inclusión o discriminación. Este criterio permite evaluar cómo la migración impacta la calidad de vida de los individuos y cómo se sienten respecto a su nuevo entorno.
- Redes de apoyo: Este criterio analiza las conexiones sociales y comunitarias que los migrantes pueden tener en su país de destino, como familiares, amigos o asociaciones de migrantes. Estas redes son fundamentales para la integración y adaptación de los migrantes, facilitando el acceso a recursos y apoyo emocional.
- Resultados y consecuencias: Aquí se describen los resultados de la migración, tanto a corto como a largo plazo, tanto para el migrante como para su familia en el país de origen. Esto puede incluir el éxito o fracaso en la adaptación, el impacto económico (como el envío de remesas), y los efectos sobre la infraestructura social en el lugar de origen. Este criterio permite analizar el fenómeno migratorio en términos de sus beneficios y desafíos, proporcionando una perspectiva integral que puede informar futuras decisiones y políticas.

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [21].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)

Término lingüístico	Números SVN
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de casos.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
a_1	B	MDB	MDB	M	MDB	M
a_2	MMB	B	M	MB	M	B
a_3	M	B	M	B	MDB	B
a_4	B	B	MDB	M	MDB	M
a_5	M	B	MDB	B	MDB	MB
a_6	MMB	MMB	M	MB	M	MB
a_7	M	B	M	B	MDB	M

Si un especialista de movilidad humana, u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando los datos asociados al caso migratorio. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{M}, \mathrm{B}, \mathrm{M}, \mathrm{B}, \mathrm{MDB}, \mathrm{B}\}$$

Una vez que se proporciona el perfil inicial, se calcula la similitud entre el perfil que se analiza y los perfiles almacenados en la base de datos sobre casos anteriores.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del caso migratorio que se está evaluando.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.10	0.15	0.95	0.20	0.75	0.10	0.80

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_3, a_7, a_5, a_4, a_2, a_1, a_6\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_3, a_7$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_3$$

El Sistema de Recomendaciones sobre la migración e inmigración de los ciudadanos ecuatorianos a otros países representa una herramienta invaluable para abordar los complejos desafíos que enfrentan los migrantes y sus familias. Al compilar y analizar datos de casos migratorios complejos a través de criterios bien definidos, este sistema proporciona un marco estructurado que permite identificar y comprender patrones y tendencias, así como las necesidades específicas de la población migrante. Además, facilita el diseño de políticas públicas más efectivas y adaptadas a la realidad de los migrantes ecuatorianos, promoviendo su integración y bienestar en los países de destino. Al ofrecer orientación basada en evidencia, el sistema no solo optimiza la estrategia de apoyo a los migrantes, sino que también contribuye a la creación de un diálogo informado y enriquecido acerca de la migración, beneficiando tanto a los migrantes como a las comunidades que los acogen.

4 Discusiones

Los procesos migratorios en Ecuador han sido un fenómeno complejo que se ha intensificado a lo largo de los años, desempeñando un papel crucial en la configuración de la realidad socioeconómica del país. Históricamente, Ecuador ha experimentado flujos tanto de emigración como de inmigración, lo que ha llevado a una percepción generalizada de que el país acoge a un gran número de inmigrantes [22]. Aunque algunos consideran que el Estado no garantiza los derechos de la población local, un porcentaje significativo de la población parece reconocer que existen mecanismos de protección para las personas en movimiento. Sin embargo, es evidente que las personas migrantes enfrentan diversas formas de violencia y discriminación, lo que resalta las contradicciones en la percepción de la inclusión y el apoyo gubernamental [23].

Uno de los principales impulsores de la migración ecuatoriana es la búsqueda de mejores oportunidades educativas y laborales en el extranjero. Este deseo no solo se manifiesta en la emigración de ecuatorianos, sino que también atrae a estudiantes internacionales hacia Ecuador en busca de calidad educativa. La migración se vuelve así un fenómeno bidireccional, donde tanto la salida de ciudadanos en busca de oportunidades como la llegada de inmigrantes en búsqueda de estabilidad económica se evidencian. Las crisis económicas recurrentes en el país también juegan un papel determinante, ya que generan altos niveles de desempleo y pobreza, forzando a muchas personas a buscar una vida mejor en el extranjero [24].

Con el cambio en la realidad migratoria ecuatoriana a partir de la primera década del siglo XXI, el país se configura como receptor, emisor, y país de tránsito, lo que ha generado la necesidad de crear políticas públicas compatibles con esta nueva realidad. La llegada de migrantes venezolanos, que ha sido significativa desde 2015, ha presentado desafíos enormes en términos de integración social y económica, generando acechanzas que deben ser abordadas de manera integral por el Estado [25]. La inacción gubernamental frente a esta crisis refleja, en parte, una estrategia racional en torno a la gestión de flujos migratorios masivos, que debe ser reevaluada para garantizar el respeto de los derechos humanos de todas las personas involucradas.

Las consecuencias de la migración e inmigración también son evidentes en la vida cotidiana de las personas. Muchas personas migrantes enfrentan limitaciones económicas, falta de documentación y escasa información sobre cómo regularizar su situación. Según datos relevantes, se reconoce que el acceso a la alimentación, el empleo y la vivienda están entre las principales necesidades insatisfechas de la población migrante, revelando la fragilidad del apoyo que reciben en su nuevo entorno. A su vez, la percepción negativa hacia los migrantes, particularmente hacia la población venezolana, está generalizada, destacándose la influencia de los medios de comunicación en la construcción de estereotipos que contribuyen a la discriminación [26].

El impacto de la migración en la estructura social de Ecuador es multidimensional. Las remesas enviadas por ecuatorianos en el extranjero han dejado de ser solo un alivio económico inmediato y se han convertido en una estrategia de supervivencia que sustenta a muchas familias, apoyando así la economía local. Sin embargo, este fenómeno también conlleva aspectos negativos, como la pérdida de talento en áreas críticas donde los profesionales calificados emigran, dejando vacíos en sectores como la salud y la educación [27].

A pesar de los beneficios económicos que la inmigración puede traer al país, como el enriquecimiento cultural y la cobertura de vacantes laborales, también existen desafíos asociados. El aumento en la población migrante ejerce presión sobre los servicios públicos, tales como educación, salud y vivienda, lo que podría agravar las tensiones sociales en comunidades que ya enfrentan limitaciones de recursos. La polarización y la rivalidad por empleos y servicios entre locales y migrantes pueden desencadenar conflictos si no se implementan políticas de integración adecuadas.

Además de los retos económicos y sociales, la migración también afecta profundamente la estructura familiar y las relaciones interpersonales en Ecuador. La separación prolongada de los miembros de la familia debido a la emigración puede provocar efectos emocionales adversos, tanto en quienes se van como en aquellos que se quedan, rompiendo la cohesión familiar y generando un sentimiento de pérdida [28].

Por otro lado, es relevante destacar que, a pesar de los desafíos, una parte significativa de la población migrante reporta tener experiencias positivas en Ecuador y establece relaciones amistosas con ecuatorianos. Esto sugiere que la interacción intercultural, aunque compleja, puede dar lugar a vínculos positivos que enriquecen a la sociedad en su conjunto. Sin embargo, la persistencia de situaciones de discriminación y maltrato, en particular hacia mujeres migrantes, indica que hay trabajo pendiente en materia de equidad y justicia social.

Los procesos migratorios en Ecuador plantean un panorama multifacético que presenta tanto oportunidades como desafíos. La riqueza cultural y las habilidades que aportan los inmigrantes son beneficiosas para la diversidad social y la innovación económica, pero también requieren un enfoque estratégico para abordar las tensiones que pueden surgir en contextos de recursos limitados. Si el Estado ecuatoriano no actúa con estrategias inclusivas y efectivas, puede resultar perjudicado tanto el bienestar de la población migrante como el de los ciudadanos locales.

En este contexto se necesita un compromiso por parte de todos los actores involucrados, incluidos los gobiernos, las organizaciones de la sociedad civil y las comunidades locales, para fomentar un entorno que no solo acepte, sino que también valore y celebre la diversidad que la migración trae consigo. Este entorno debe incluir la promoción de políticas públicas que protejan los derechos de las personas en movilidad y que faciliten su integración en la sociedad ecuatoriana, así como la sensibilización de la población sobre la importancia de la convivencia multiculturales [29].

Ecuador se halla en una encrucijada migratoria que puede definir su futuro. La capacidad de gestionar estos flujos de manera efectiva y armoniosa será fundamental para el desarrollo sostenible del país. Las evidencias sugieren que, aunque existen dificultades, el reconocimiento de los derechos y la inclusión de la población migrante tienen el potencial de generar beneficios significativos tanto para ellos como para la sociedad ecuatoriana en su conjunto. La construcción de un Ecuador más inclusivo y equitativo depende de la voluntad política, del apoyo comunitario y de un diálogo constante que incluya todas las voces de la población, tanto nacionales como migrantes. Este camino no solo asegurará un mejor futuro para los migrantes y sus familias, sino que también contribuirá al enriquecimiento y la estabilidad del país en su conjunto.

5 Conclusión

A partir del desarrollo del sistema de recomendaciones para el análisis histórico de la superación profesional del docente universitario evidencia que esta ha evolucionado en la profesionalización de sus docentes, pero requiere perfeccionar algunos aspectos que contribuirían a un mejor desempeño de sus roles en la práctica a partir del ingreso de estudiantes con discapacidad en la Educación Superior.

La superación profesional del docente universitario en Cuba es un proceso que responde al desarrollo histórico social del país, desde una posición materialista dialéctica en la que se reconoce la necesidad de prepararlos para la solución de problemas profesionales en una práctica profesional que potencia la posibilidad de integrar en el proceso formativo de la Universidad a toda la diversidad de estudiantes, en la que se incluyen los que presentan discapacidad.

Referencias

[1] N. G. Barbieri, J. Ramírez Gallegos, M. d. P. Ospina Grajales, B. P. Cardoso Campos, and S. Polo Alvis, "Respuestas de los países del pacífico suramericano ante la migración venezolana: estudio comparado de políticas migratorias en Colombia, Ecuador y Perú," *Diálogo andino*, no. 63, pp. 219-233, 2020.

[2] M. M. Eguiguren, "Los estudios de la migración en Ecuador: del desarrollo nacional a las movilidades," *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, no. 58, pp. 59-81, 2017.

[3] S. Umpierrez de Reguero, R. Dandoy, and T. Palma, "Emigración y representación especial: Evidencia de los Ecuatorianos Residentes en el exterior," *REMHU: Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana,* vol. 25, no. 50, pp. 177-201, 2017.

[4] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 5, pp. 70-84, 2022.

[5] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[6] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[7] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[8] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[9] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[10] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[11] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[12] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[13] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[14] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[15] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[16] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[17] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[18] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[19] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[20] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

[21] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[22] A. Luque, P. Carretero, and P. Morales, "El desplazamiento humanitario en Ecuador y los procesos migratorios en su zona fronteriza: Vulneración o derecho," *Revista Espacios,* vol. 40, no. 16, pp. 3-13, 2019.

[23] G. P. M. Castillo, "Normativa legal de la migración en el Ecuador," *Revista científica Retos de la ciencia,* vol. 2, no. 3, pp. 155-164, 2018.

[24] L. M. B. Cajamarca, "Impacto de la migración en la violencia de género: un estudio de mujeres migrantes en Ecuador," *Sur Academia: Revista Académica-Investigativa de la Facultad Jurídica, Social y Administrativa,* vol. 11, no. 22, pp. 97-106, 2024.

[25] J. J. I. Argüelles, L. A. C. Berti, and C. J. L. Chapeta, "Repercusiones de los derechos humanos en los flujos migratorios en Ecuador," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2023.

[26] M. M. Morán-Mejía, R. E. Atencio-González, and P. M. Moreno-Arvelo, "Vulneración de los derechos humanos a migrantes venezolanos en tiempos de pandemia en Ecuador," *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 7, no. 12, pp. 16-26, 2022.

[27] D. T. C. Villavicencio, A. F. V. Mora, J. C. S. Vélez, C. S. M. León, and M. M. Espinosa, "Retrospectiva de los movimientos migratorios en Ecuador en los últimos 25 años," *Un Espacio para la Ciencia,* vol. 5, no. 1, pp. 132-146, 2022.

[28] J. Ramírez, "Ecuador: entre la ciudadanía universal y el control migratorio," *En Alberto Hernández y Amalia Campos-Delgado, Migración y movilidad en las Américas. CDMX (México): CLACSO-SIGLOXXI.*, 2022.

[29] W. H. Cisneros-Pallo, and J. P. Santamaría-Velasco, "Temporalidad en la regulación de migrantes que ingresan a la República de Ecuador," *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas,* vol. 6, no. Esp1, pp. 144-152, 2023.

Recibido: noviembre 19, 2024. Aceptado: diciembre 11, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

Neutrosophic multicriteria method to evaluate prevention and action protocols in cases of harassment and gender-based violence.

Janneth Ximena Iglesias Quintana[1], Paúl Orlando Piray Rodríguez[2], Elías Mesías Machado Maliz[3], and Jackeline del Cisne Llanga Córdova[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.jannetiglesias@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.paulpr13@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.mesiasmachado@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. jackelinelc01@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente estudio se centra en la implementación de un Método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. A través de un análisis comparativo de legislaciones internacionales y nacionales, se subraya la relevancia de contar con definiciones claras, mecanismos de denuncia accesibles, capacitación adecuada y evaluación continua. La investigación reveló que es esencial disponer de una definición amplia y precisa de violencia de género, así como de mecanismos efectivos de denuncia y protección para salvaguardar a las víctimas. Asimismo, se enfatiza la necesidad de capacitación continua y evaluación de políticas para garantizar la efectividad y adaptabilidad de las estrategias implementadas. La investigación resalta la importancia de adoptar un enfoque multidimensional y basado en evidencia, utilizando el Método multicriterio neutrosófico, para combatir el acoso y la violencia de género de manera efectiva, adaptándose a las nuevas realidades sociales y legales.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, protocolos de prevención, acoso, violencia de género

Abstract. This study focuses on the implementation of a Neutrosophic Multicriteria Method to evaluate prevention and response protocols in cases of harassment and gender-based violence. Through a comparative analysis of international and national legislation, the importance of having clear definitions, accessible reporting mechanisms, adequate training and continuous evaluation is highlighted. The research revealed that it is essential to have a broad and precise definition of gender-based violence, as well as effective reporting and protection mechanisms to safeguard victims. Likewise, the need for continuous training and evaluation of policies is emphasized to ensure the effectiveness and adaptability of the implemented strategies. The research highlights the importance of adopting a multidimensional and evidence-based approach, using the Neutrosophic Multicriteria Method, to combat harassment and gender-based violence effectively, adapting to new social and legal realities.

Keywords: Neutrosophic multicriteria method, prevention protocols, harassment, gender violence

1 Introducción

La problemática del acoso de género se caracteriza por comportamientos no deseados que afectan la dignidad de una persona, creando un entorno intimidatorio, hostil o degradante. Según la *European Commissio*n (2019), este fenómeno puede adoptar diversas formas, incluyendo comentarios ofensivos y conductas inadecuadas, y se presenta no solo en el ámbito laboral, donde puede involucrar discriminación en contratación o promoción, sino también en interacciones cotidianas [1]. Aunque suele afectar más a las mujeres, también impacta a hombres y personas de género no binario. Para abordar este problema, es fundamental contar con políticas claras, mecanismos de denuncia accesibles y un compromiso institucional hacia la igualdad y el respeto.

La violencia de género se manifiesta en múltiples formas, desde la violencia doméstica hasta el feminicidio y la mutilación genital femenina, y es considerada una grave violación de los derechos humanos. Este tipo de violencia afecta desproporcionadamente a mujeres y niñas a nivel global, con causas que son complejas y multifacéticas, englobando factores culturales, económicos, sociales y psicológicos [2]. La lucha contra la

violencia de género implica un enfoque integral que contemple educación, el establecimiento de políticas robustas, apoyo a las víctimas y el avance hacia la igualdad de género en todos los aspectos de la vida. La colaboración entre gobiernos, ONG y la sociedad civil es crucial para crear un entorno seguro y justo para todas las personas.

La perspectiva de género proporciona un marco analítico que permite examinar cómo las diferencias de género afectan las experiencias de las personas y cómo las estructuras sociales perpetúan la desigualdad. Este enfoque, según Miller [3], busca identificar y transformar normas y relaciones de poder que sostienen la discriminación de género. Integrar consideraciones de género en la formulación y evaluación de políticas y programas es esencial para abordar adecuadamente las necesidades de todos los géneros.

Los derechos humanos son universales e inalienables, y su respeto está consagrado en instrumentos internacionales. Sin embargo, la protección de estos derechos requiere una implementación efectiva de leyes y mecanismos que prevengan violaciones, tal como lo indica la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. Al integrar la perspectiva de género en los derechos humanos, se reconoce que algunas personas enfrentan formas específicas de discriminación. Esto resalta la importancia de un enfoque interseccional que considere cómo la desigualdad puede afectar de manera diferente a individuos que experimentan múltiples formas de exclusión. La aplicación de esta perspectiva no solo busca reparar desigualdades actuales, sino también prevenir violaciones futuras promoviendo una sociedad más justa e inclusiva, lo que subraya la necesidad de políticas públicas que atajen las raíces estructurales de la violencia de género [4].

La creciente preocupación por la equidad de género impulsó una serie de iniciativas y reformas destinadas a enfrentar la violencia de género y el acoso en diversos ámbitos. Esta preocupación se reflejó en la adopción de diversos Protocolos de Prevención y Actuación en Casos de Acoso y Violencia Basada en Género. Estos protocolos se diseñaron como herramientas fundamentales para establecer mecanismos efectivos que pudieran prevenir y abordar las incidencias de violencia de género de manera sistemática y organizada. La implementación de estos protocolos se ha convertido en una prioridad para gobiernos, organizaciones no gubernamentales y otros actores sociales comprometidos con la igualdad de género y la protección de los derechos humanos.

Estos protocolos juegan un papel crucial en la creación de estrategias de prevención y respuesta, garantizando que se dispusiera de directrices claras para manejar situaciones de acoso y violencia [5]. Su propósito fue proteger a las víctimas y promover un entorno seguro e inclusivo en diferentes sectores de la sociedad, desde el ámbito laboral hasta el educativo y el comunitario. Al proporcionar marcos de actuación específicos, estos protocolos ayudaron a estandarizar las respuestas a los casos de violencia de género, asegurando que se aplicaran medidas adecuadas y consistentes en distintos contextos.

El análisis de la situación mundial en relación con estos protocolos ofreció una visión integral de su eficacia, implementación y desafíos. Este análisis reveló que, aunque muchos países y organizaciones adoptaron protocolos con buenas intenciones y diseños robustos, la eficacia de estos mecanismos a menudo estuvo sujeta a diversos factores. Entre estos factores se encontraron las diferencias en la capacidad institucional para implementar las directrices, las variaciones culturales que influyen en la percepción y el manejo del acoso y la violencia, y la disponibilidad de recursos para apoyar a las víctimas [6]. Además, el análisis global destacó la importancia de la formación continua y la evaluación periódica para garantizar que los protocolos se ajustaran a las necesidades cambiantes y a las mejores prácticas emergentes.

Aunque estos protocolos han contribuido significativamente a la protección de las víctimas y a la promoción de ambientes más seguros e inclusivos, la evaluación de su eficacia y la identificación de desafíos persistentes por lo que el compromiso continuo con la mejora y adaptación de estas herramientas para abordar eficazmente la violencia de género en todas sus formas siempre será un tema de constante debate y análisis [7]. En este contexto, el presente estudio se centra en la implementación de un Método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

2 Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. El funcionamiento del método está guiado por un flujo de trabajo de tres componentes [8, 9]. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico [10], [11-13]. La figura 1 muestra las actividades fundamentales del método propuesto.

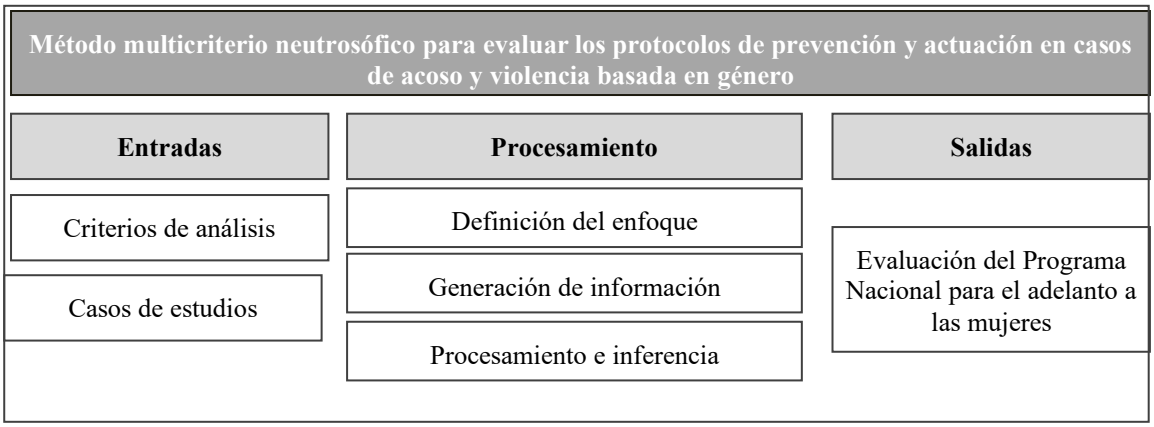

Figura 1: Estructura general del método propuesto.

El método está diseñado para soportar el flujo de trabajo sobre la evaluación de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. Consta de las siguientes actividades: (i) definición del enfoque; (ii) generación de información; y (iii) procesamiento e inferencia [14, 15]. A continuación se describen las diferentes actividades del método:

1. Definición del enfoque

En esta actividad, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la toma de decisiones para la evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, , e_n\}, (n > 2)$ un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, , ti_m\}, (m > 2)$ un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, , c_k\}, (k > 2)$ un conjunto de criterios que caracterizan casos de acoso y violencia basada en género.

Se utiliza un marco de información heterogéneo [16]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno neutrosófico [17]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las evaluaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad [18-20]. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \left\{p_{j1_1}^i, , p_{jh}^i\right\} \quad (1)$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

La etapa obtiene las informaciones que son de necesidad para el procesamiento de las inferencias, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento e inferencia de la información en función de obtener las evaluaciones de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

3. Procesamiento e inferencia

A partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, se realiza la evaluación lingüística colectiva de manera que sea interpretable para la toma de decisiones sobre la evaluación de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. Para ello la información es unificada y agregada [21, 22]. A partir del procesamiento se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos. 2 Tuplas Lingüísticas NNS se define como [23]:

A partir de $S = \{s_0, , s_g\}$ que representa una 2TLSs con cardinalidad impar t + 1.

Se define para $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ y a,b,c ∈ [0, t], donde $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ expresan independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSs.

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \{(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c)\} \quad (2)$$

Donde:

$$0 \leq \Delta^{-1}(St_j, a) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(Si_j, b) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(Sf_j, c) \leq t$$

$$0 \leq \Delta^{-1}(St_j, a) + 0 \leq \Delta^{-1}(Si_j, b) + 0 \leq \Delta^{-1}(Sf_j, c) \leq 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [24].

Sea

$l_1 = \{(St_1, a), (Si_1, b), (Sf_1, c)\}$ a

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l_1 se define como:

$$S(l1) = \Delta\left\{\frac{2t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Si_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{3}\right\}, \Delta^{-1}\big(s(l_1)\big) \in [0, t] \quad (3)$$

$$H(l1) = \Delta\left\{\frac{t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{2}\right\}, \Delta^{-1}\big(h(l_1)\big) \in [0, t] \quad (4)$$

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

a) Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T) .

b) Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $F(S_T)$.

c) Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis [25-28].

El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto [29], teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en el proceso toma de decisiones para determinar la evaluación de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor [30]. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max\{(r_l, a_j), = 1,2,, n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

3 Resultados y discusión

La presente sección, describe la implementación práctica del Método multicriterio neutrosófico para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. Se realizó un estudio de caso aplicado en la ciudad de Riobamba, Ecuador. El objetivo consistió en generar datos que permitan apoyar la toma de decisiones a partir de la evaluación de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Marco de evaluación

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por:

$\mathrm{E} = \{\mathrm{e}_1, , \mathrm{e}_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

El panel de expertos convocado para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género está compuesto por profesionales con amplia experiencia y conocimiento en el ámbito del derecho, la psicología, y la sociología. Cada miembro del panel aporta una perspectiva única y complementaria, garantizando un análisis integral de los protocolos en cuestión. Los expertos incluyen a un abogado especializado en derechos humanos, una psicóloga con experiencia en atención a víctimas de violencia, y un sociólogo enfocado en estudios de género. Su trabajo conjunto busca identificar y evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

Este panel de expertos realiza la evaluación de los casos de análisis:

$\mathrm{Ps} = \{\mathrm{Ps}_1, , \mathrm{Ps}_3\}$, de 3 Casos de análisis para esta investigación.

A partir de la valoración de los criterios

$\mathrm{C} = \{\mathrm{c}_1, \ldots, \mathrm{c}_{23}\}$ los cuales conforman los 23 criterios valorativos de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para evaluar los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

No	Criterio
1	Eficiencia del mecanismo de denuncia
2	Formación y capacitación del personal
3	Claridad en la definición de violencia de género
4	Confidencialidad y protección de datos
5	Disponibilidad y accesibilidad de servicios de apoyo psicológico, legal y social para las víctimas
6	Efectividad de los procedimientos establecidos para investigar las denuncias.
7	Inclusión de la perspectiva de género
8	Mecanismos para la evaluación y seguimiento continuo del protocolo.
9	Mecanismos que permitan a las víctimas y testigos proporcionar retroalimentación sobre el proceso.
10	Grado de coordinación entre diferentes instituciones que participan en el manejo de casos.
11	Rapidez con que se responden las denuncias y se implementan medidas adecuadas.
12	Efectividad y aplicación de sanciones para los agresores.
13	Disponibilidad de asesoría legal gratuita y accesible a las víctimas.
14	Calidad de la información proporcionada a las víctimas sobre sus derechos y opciones.
15	Promoción de iniciativas para sensibilizar a la comunidad sobre la violencia de género.
16	Participación de la comunidad y grupos locales en la prevención y respuesta al acoso.
17	Recursos financieros asignados para implementar y mantener el protocolo.
18	Claridad del proceso de revisión de los casos y del protocolo mismo.
19	Impacto para reducir la victimización secundaria en las denuncias.
20	Alineamiento de los protocolos con las normativas y leyes vigentes.
21	Eficacia del protocolo en la prevención y actuación.
22	Accesibilidad y claridad del protocolo para la comunidad en general.
23	Capacidad del protocolo para adaptarse a cambios sociales, legales y tecnológicos.

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

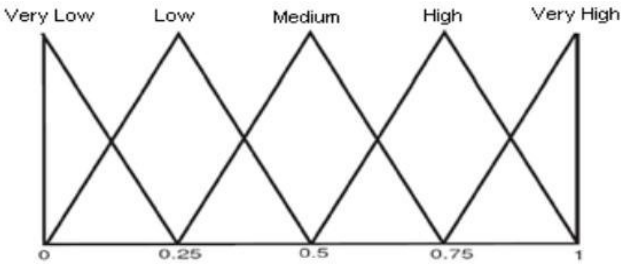

Figura 2. Dominio de Selección S_T

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística siguiente con números neutrosóficos de valor único propuestas en la Tabla 2 [22].

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T.

Tabla 3: Presentación de los resultados

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_2	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_3	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_4	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_5	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]
c_6	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]
c_7	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_8	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_9	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{10}	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{12}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_{13}	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{14}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_{15}	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{16}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{17}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_{18}	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{19}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_{20}	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{21}	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{22}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{23}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas.

A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis sobre los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género. Se realizó una comparación con 3 casos de análisis en 3 instituciones distintas de Riobamba. Durante el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA a partir de los datos referidos por para cada experto [19]. En este caso los vectores de ponderación W=(0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.5, 0.5).

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	(0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.6)
Ps_2	(0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)
Ps_3	(0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.6, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)

Mediante el análisis de datos almacenados se logró la obtención de información de 3 casos comparativos. Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación V= (0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9) de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los casos de análisis.

(0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)	Ps_2
(0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.6)	Ps_1
(0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.6, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)	Ps_3

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación.

(0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)	Ps_2
(0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.6, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9)	Ps_3
(0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.3, 0.8, 0.9, 0.5, 0.8, 0.6)	Ps_1

En el estudio de caso, la clasificación de los casos de análisis quedó recomendada como sigue:
$Ps_2 < Ps_1 < Ps_3$, siendo este el orden de casos con mejor evaluación en la eficacia de los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia basada en género.

4 Conclusión

La investigación concluye que la implementación de un Método multicriterio neutrosófico es fundamental para evaluar de manera efectiva los protocolos de prevención y actuación en casos de acoso y violencia de género. Se encontró que las definiciones claras y amplias de acoso y violencia de género son cruciales para asegurar una respuesta legal adecuada, alineándose con estándares internacionales como los establecidos en la Convención de Estambul, lo que facilita una mejor protección y justicia para las víctimas. Además, la existencia de mecanismos efectivos de denuncia y protección es esencial; esto implica contar con procedimientos legales claros, servicios de apoyo integral y medidas que garanticen la seguridad de las personas afectadas. La capacitación continua de funcionarios públicos y las campañas de sensibilización son igualmente necesarias para manejar estos casos con la sensibilidad adecuada, previniendo la revictimización y fomentando una cultura de respeto y equidad. Por último, la recopilación de datos y la evaluación continua de políticas son indispensables para asegurar que las medidas implementadas sean efectivas. Los enfoques adaptativos que incorporan retroalimentación y nuevas tecnologías son clave para ajustar las estrategias a las necesidades cambiantes, lo que a su vez mejorará la respuesta a la violencia de género.

Referencias

[1] A. Mensah, S. Toivanen, M. Diewald, M. U. Hassan, and A. Nyberg, “Workplace gender harassment, illegitimate tasks, and poor mental health: Hypothesized associations in a Swedish cohort,” *Social Science & Medicine,* vol. 315, pp. 115520, 2022.

[2] O. Ivanova, and S. O'Hern, “Mobility of non-binary and gender nonconforming individuals: A systematic literature review,” *Journal of Transport Geography,* vol. 121, pp. 104008, 2024.

[3] C. Miller, and S. Razavi, *Gender mainstreaming: A study of efforts by the UNDP, the World Bank and the ILO to institutionalize gender issues*, UNRISD Occasional Paper, 1995.

[4] H. E. Chang, and S. Jeong, “Male nurses’ experiences of workplace gender discrimination and sexual harassment in South Korea: A qualitative study,” *Asian nursing research,* vol. 15, no. 5, pp. 303-309, 2021.

[5] D. Kimmel, T. Rose, N. Orel, and B. Greene, "Historical context for research on lesbian, gay, bisexual, and transgender aging," *Lesbian, gay, bisexual, and transgender aging: Research and clinical perspectives*, pp. 1-19: Columbia University Press, 2006.

[6] P. Guaita-Fernández, J. M. M. Martín, S. Ribeiro-Navarrete, and R. Puertas, “Analysing the efficiency of public policies on gender-based violence: A literature review,” *Sustainable Technology and Entrepreneurship,* vol. 3, no. 3, pp. 100066, 2024.

[7] K. R. van Daalen, S. S. Kallesøe, F. Davey, S. Dada, L. Jung, L. Singh, R. Issa, C. A. Emilian, I. Kuhn, and I. Keygnaert, “Extreme events and gender-based violence: a mixed-methods systematic review,” *The Lancet Planetary Health,* vol. 6, no. 6, pp. e504-e523, 2022.

[8] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[9] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[10] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[11] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[12] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[13] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[14] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[15] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[16] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[17] F. Smarandache, *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrsophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability*: Infinite Study, 2005.

[18] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[19] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[20] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[21] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[22] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[23] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry,* vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.

[24] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüisticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.

[25] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[26] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[27] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[28] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[29] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[30] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

Recibido: noviembre 19, 2024. Aceptado: diciembre 11, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025

University of New Mexico

Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de la donación y trasplante de órganos en Ecuador.

Neutrosophic Analytical Hierarchical Analytical Process for the evaluation of organ donation and transplantation in Ecuador.

Luis Ramiro Ayala Ayala[1], Oscar Gonzalo Jácome Merino[2], Sebastián Alejandro Contento Correa[3], and Mesías Elías Machado Maliza[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.luisayala@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.oscarjm93@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. dr.sebastianacc07@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.mesiasmachado@uniandes.edu.ec

Resumen. En Ecuador, la donación y trasplante de órganos enfrenta desafíos debido a un marco legal fragmentado y desactualizado. Esta investigación aborda la problemática subyacente, identificando barreras como el rezago legal, la falta de información y la desconfianza en el sistema de salud. Las conclusiones resaltan la necesidad urgente de reformas legales para mejorar la coordinación entre entidades de salud y aumentar la transparencia en la asignación de órganos. Además, se recomienda la implementación de campañas educativas para desmitificar el proceso de donación y promover una cultura de solidaridad y responsabilidad social en Ecuador, con el fin de mejorar las tasas de donación y salvar vidas de manera más efectiva. En este contexto, el objetivo de esta investigación es implementar un Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de la donación y trasplante de órganos, lo cual servirá como herramienta para analizar y priorizar las dificultades existentes, facilitando la toma de decisiones informadas y eficaces en la mejora del sistema de donación y trasplante en el país. Con un enfoque analítico que contemple diversos criterios, se espera contribuir significativamente a la optimización de este vital proceso, promoviendo así un sistema más solidario y eficiente.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, rezago legal, donación, trasplante.

Abstract. In Ecuador, organ donation and transplantation faces challenges due to a fragmented and outdated legal framework. This research addresses the underlying problem, identifying barriers such as legal backlog, lack of information, and mistrust in the health system. The findings highlight the urgent need for legal reforms to improve coordination between health entities and increase transparency in organ allocation. In addition, the implementation of educational campaigns is recommended to demystify the donation process and promote a culture of solidarity and social responsibility in Ecuador, in order to improve donation rates and save lives more effectively. In this context, the objective of this research is to implement a Neutrosophic Hierarchical Analytical Process for the evaluation of organ donation and transplantation, which will serve as a tool to analyze and prioritize existing difficulties, facilitating informed and effective decision-making in improving the donation and transplant system in the country. With an analytical approach that takes into account various criteria, it is hoped to contribute significantly to the optimization of this vital process, thus promoting a more supportive and efficient system.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytical Process, legal backlog, donation, transplant.

1 Introducción

En el ámbito de la salud pública, la donación y el trasplante de órganos representan un pilar fundamental, ofreciendo una oportunidad de vida a individuos que padecen de fallos orgánicos potencialmente mortales. Estos procedimientos, cuando se llevan a cabo de manera ética y responsable, tienen el poder de transformar vidas y brindar esperanza a aquellos que enfrentan un futuro incierto [1]. En Ecuador, al igual que en muchas naciones del mundo, la donación y el trasplante de órganos se encuentran en un estado de constante evolución, enfrentando desafíos y oportunidades que determinan su alcance y efectividad [2].

En el año 2001, Ecuador dio un paso significativo hacia la institucionalización de la donación y el trasplante de órganos con la promulgación de la Ley Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células. Esta ley estableció un marco legal para la regulación de estas actividades, creando el Registro Nacional de Donantes Cadavéricos y designando al Consejo Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (CONODONTO) como la entidad responsable de velar por su cumplimiento [3].

A pesar de este avance legislativo, el panorama actual de la donación y el trasplante de órganos en Ecuador presenta una realidad compleja, marcada por contrastes y desafíos. Si bien existen ejemplos de éxito individual y centros de salud donde se realizan trasplantes con altos índices de supervivencia, como el *Chong Kun Dang Health Care Trust* de Corea del Sur en colaboración con el Hospital de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, la realidad general dista de ser ideal [4].

En 2019, la Lista Única de Espera para recibir un órgano, tejido o células, gestionada por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), ascendía a más de 2.400 personas, principalmente a la espera de un trasplante de riñón o córnea. Esta cifra evidencia la desproporción entre la demanda de órganos y la disponibilidad de los mismos, dejando a miles de pacientes con la esperanza de una segunda oportunidad de vida en suspenso.

A pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno y las instituciones de salud, la donación de órganos en Ecuador aún no alcanza los niveles necesarios para satisfacer la demanda. Diversos factores contribuyen a esta situación, incluyendo la falta de información y educación pública sobre la importancia de la donación, las barreras culturales y religiosas, y las limitaciones en la infraestructura y recursos disponibles para los procedimientos de trasplante [5].

En este contexto la presente investigación tiene como objetivo implementar un Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para la evaluación de la donación y trasplante de órganos en Ecuador, como necesidad de un enfoque integral que aborde tanto los aspectos legales como operativos de la donación y el trasplante de órganos. Al abordar estos desafíos e implementar estrategias efectivas, Ecuador puede avanzar hacia un futuro en el que la donación y el trasplante de órganos no se vean obstaculizados por los rezagos legales, sino que sirvan como un faro de esperanza y potencial para salvar vidas para innumerables personas que esperan una segunda oportunidad de vivir. La colaboración entre el gobierno, las instituciones de salud, la sociedad civil y los medios de comunicación es fundamental para lograr este objetivo y garantizar el acceso a este recurso vital para todos aquellos que lo necesitan.

2 Preliminares

La donación y trasplante de órganos en Ecuador enfrenta diversas dificultades que afectan tanto la disponibilidad de órganos como la atención a los pacientes en lista de espera. Según estadísticas oficiales del INDOT, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado de las tasas de donación en el país. Este análisis histórico no solo proporciona una visión de las tendencias a lo largo del tiempo, sino que también permite evaluar el impacto de las estrategias implementadas para promover la donación de órganos, así como establecer metas realistas para mejorar en el futuro [6].

Además de la evolución de las tasas, un desglose por tipo de órgano es crucial. Identificar las tasas específicas de donación para riñones, hígados, corazones y otros órganos permitirá enfocar los esfuerzos de manera más precisa, ayudando a las autoridades sanitarias a priorizar sus estrategias en función de las necesidades del país. Comparar las tasas de donación de Ecuador con las de otros países de la región y del mundo es igualmente importante para entender el contexto en el que se sitúa el país, proporcionándole una perspectiva sobre áreas que requieren atención y mejora [7].

Es igualmente relevante analizar los diversos factores que influyen en las tasas de donación de órganos, como aspectos socioeconómicos, culturales, religiosos y éticos. Comprender cómo estos factores impactan la percepción de la donación puede ayudar a diseñar campañas efectivas que aborden las inquietudes de la población y motiven un cambio en la actitud hacia la donación [8].

Dimensionar las necesidades de trasplantes es otro aspecto clave en la evaluación del sistema. Conocer el número de pacientes en espera para cada tipo de trasplante ofrece una visión clara de la magnitud del problema, mientras que el análisis del tiempo promedio de espera y la tasa de mortalidad de los pacientes en lista de espera revelan la urgencia de la situación. La calidad de vida de los pacientes también es un aspecto importante a considerar, ya que la espera prolongada puede impactar negativamente en su bienestar físico y emocional.

Explorar las causas profundas de la baja tasa de donación implica realizar un análisis cualitativo que considere las percepciones y actitudes de la población ecuatoriana sobre la donación de órganos. Identificar factores socioculturales, como creencias religiosas o desconfianza en el sistema de salud, así como barreras psicosociales que dificultan la toma de decisiones informadas sobre la donación, es vital para entender las reticencias hacia el acto altruista de donar.

El proceso de donación en Ecuador debe estar claro para la población. Este implica que la donación se realiza de forma voluntaria y altruista tras la muerte, donde el donante potencial debe ser identificado en un entorno hospitalario y dar su consentimiento, ya sea directamente o a través de la familia. La evaluación médica rigurosa

del donante garantiza que sus órganos sean aptos para el trasplante, lo que es un paso esencial para aumentar la disponibilidad de órganos [9].

El trasplante de órganos es un procedimiento médico complejo que requiere la selección cuidadosa de receptores, basada en criterios de compatibilidad y gravedad de la enfermedad. Este proceso asegurará que solo los pacientes que realmente lo necesiten reciban nuevos órganos, lo que también implica una preparación meticulosa antes de la cirugía y atención postoperatoria para asegurar el éxito del procedimiento [10].

Existen requisitos específicos para ser donante de órganos en Ecuador. Estos incluyen ser mayor de 18 años, tener un documento de identificación válido, no poseer enfermedades transmisibles y expresar claramente la voluntad de donar. Estas normativas son esenciales para garantizar que la donación se realice de manera segura y eficiente, contribuyendo a un sistema de salud más efectivo y responsable.

En este contexto es importante confrontar y aclarar mitos comunes, como el miedo a estar desfigurado tras la donación o la creencia de que la atención médica será descuidada si una persona se registra como donante. Al ofrecer información precisa y accesible, se puede cambiar la percepción pública, promoviendo así una mayor tasa de donación y un enfoque más solidario hacia la salud de otros [11].

3 El Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [12]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado [13-15]. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados [16, 17].

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores [18-20]. La figura 1 muestra la estructura jerárquica de AHP [21], [22].

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [23]. Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [24].

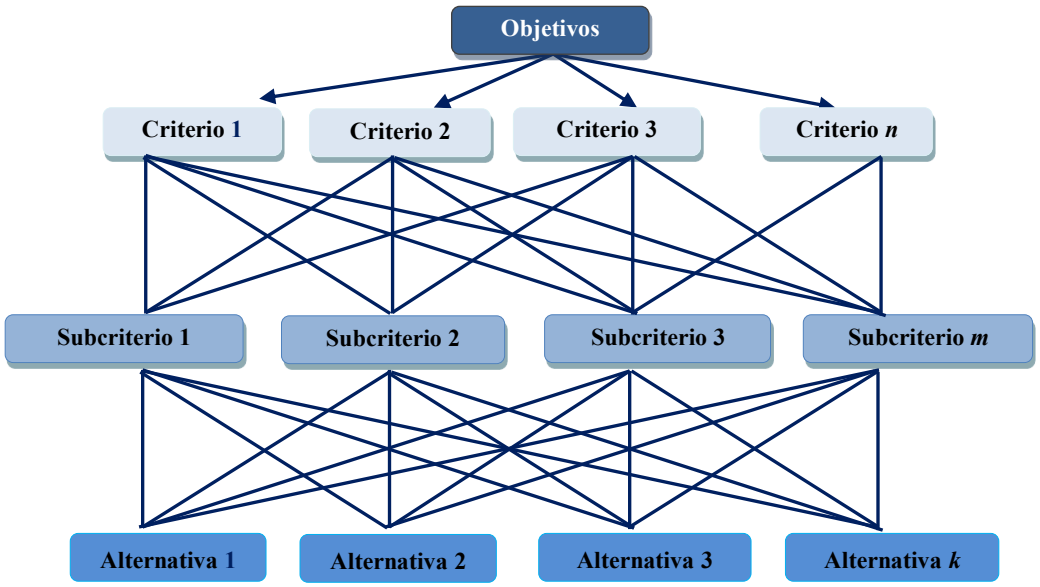

Figura 1. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [25].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión.

3.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El método propuesto en esta investigación está estructurado en tres etapas: entrada, procesamiento y salida de información. La etapa de entrada nutre los criterios de selección del método, posteriormente en la etapa de procesamiento se implementa la evaluación multicriterio [26]. La etapa de salida visualiza la inferencia propuesta por el método como resultado del proceso de evaluación [27-30]. El método basa su funcionamiento mediante *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process* (NAHP).

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [31, 32]:

Sean:

$N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n,$

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [21], [33], [24], [34]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{1}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

3.2 Estructura del método propuesto

Una vez identificado los criterios evaluación, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1).

$$S = \left\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \tag{2}$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{\mathrm{A}} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \tag{3}$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos se colocados en la posición a_{ji} de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio [34, 35]. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4); 0.30, 0.75, 0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6); 0.80, 0.15, 0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8); 0.90, 0.10, 0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9); 1.00, 1.00, 1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3); 0.40, 0.65, 0.60\rangle$ $\tilde{4} = \langle(3,4,5); 0.60, 0.35, 0.40\rangle$ $\tilde{6} = \langle(5,6,7); 0.70, 0.25, 0.30\rangle$ $\tilde{8} = \langle(7,8,9); 0.85, 0.10, 0.15\rangle$

Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada orden.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

- Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP.
- NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes [36, 37].
- NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (4)$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \quad (5)$$

4 Resultados y discusión

El Método Neutrosófico para la evaluación de la donación y trasplante de órganos en Ecuador fue implementado en un estudio de caso. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información el método propuesto emplea un enfoque multicriterio multiexperto, expresado como el grupo de criterios que caracterizan las barreras en la donación y trasplante de órganos, en el problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, c_2, \ldots, c_m\}, m \geq 1 \quad ,$$

.

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}, n \geq 1 \quad ,$$

El panel que participó en la implementación del Método Neutrosófico para evaluar el estado de la donación y trasplante de órganos en Ecuador estuvo conformado por cuatro destacados expertos en el campo de la salud y la ética médica. El primer experto es un cirujano trasplantólogo con más de diez años de experiencia en la realización de trasplantes de órganos y un profundo conocimiento sobre las políticas de donación en el país. El segundo miembro es un especialista en ética médica, reconocido por su análisis crítico de los aspectos éticos involucrados en la donación de órganos y su influencia en la relación médico-paciente. El tercer experto es un profesional de la salud pública, con experiencia en políticas de salud y datos epidemiológicos relevantes para la donación y trasplante de órganos en Ecuador. El cuarto es un investigador académico en bioética, que ha contribuido con estudios sobre la percepción social de la donación de órganos en la región. Juntos, estos expertos brindaron una perspectiva integral y fundamentada, asegurando una evaluación detallada y objetiva del sistema de donación y trasplante en el país.
Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_k\}, k \geq 1 \quad ,$$

La alternativa para evaluar es la siguiente:

A_1: Sí existe un eficaz proceso de donación y trasplante de órganos.

A_2: No existe un adecuado proceso de donación y trasplante de órganos.

Los criterios para evaluar son los siguientes tal como se definen en la tabla 3.

Tabla 3: Criterios para evaluativos determinados por el panel de expertos.

C	Criterio
C_1	Eficiencia del proceso de donación: Evaluar la eficacia con la que se identifican y gestionan las donaciones de órganos en el país.
C_2	Impacto social y cultural: Analizar cómo las creencias y actitudes culturales afectan la disposición de la población para donar órganos.
C_3	Capacitación del personal médico: Evaluar la formación y entrenamiento continuo del personal de salud involucrado en el proceso de donación y trasplante.
C_4	Accesibilidad de los pacientes a los trasplantes: Medir la equidad en el acceso a los procedimientos de trasplante, considerando factores geográficos, socioeconómicos y organizativos.
C_5	Resultados clínicos post-trasplante: Analizar los resultados a largo plazo en la salud de los receptores de órganos, incluyendo tasas de supervivencia y calidad de vida.

Las tres matrices por pares obtenidas correspondientes a los criterios, una por experto, se resumen en la tabla 4. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 4: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Criterio	A_1	A_2
A_1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
A_2	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$

La tabla 5, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 5: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C.

C	E_1	E_2	E_3	E_4
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
C_2	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_3	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
C_4	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
C_5	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00325 que represente el valor agregado de los expertos. Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio. La Tabla 5 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 2 con pesos $w_i = 1/3$ para $i = 1, 2, 3$.

Tabla 6: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2
A_2	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	1

La Tabla 7 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 7: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	$A_1(0.96)$	$A_2(0.68)$	Vector de prioridad	Orden
C_1	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,446	2
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,453	1
C_3	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0,387	3
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,226	4
C_5	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,064	5

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 7, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_2 \succ C_1 \succ C_3 \succ C_4 \succ C_5$. De esta manera la evaluación indica que no existe un adecuado proceso de donación y trasplante de órganos en Ecuador.

5 Discusiones

La falta de experiencias personales con la donación y trasplante de órganos en Ecuador, revela una desconexión fundamental entre el conocimiento teórico y la experiencia práctica. Las experiencias personales positivas suelen tener un impacto profundo en la percepción individual y colectiva de temas complejos como la donación de órganos. Cuando las personas no han tenido contacto directo con este proceso, es más probable que sus percepciones se basen en información fragmentada o malentendidos comunes, como temores infundados sobre el impacto en la salud o preocupaciones éticas mal fundamentadas. Por lo tanto, es imperativo no solo educar, sino también facilitar oportunidades para que las personas interactúen con historias de éxito y testimonios de quienes han sido beneficiados por trasplantes [5].

La investigación subraya la falta de conocimiento y educación como la principal barrera para la donación de órganos. Esta barrera cultural y educativa puede surgir de percepciones arraigadas en la sociedad que no reflejan con precisión la realidad de la donación y trasplante. Abordar esta falta de conocimiento no solo requiere campañas informativas, sino también un enfoque culturalmente sensible que respete y entienda las creencias locales y las prácticas tradicionales. La colaboración con líderes comunitarios y figuras religiosas puede ser crucial para desmitificar conceptos erróneos y fomentar una conversación abierta y respetuosa sobre la donación de órganos [2].

A pesar de la falta de datos específicos sobre los factores que motivarían a las personas a convertirse en donantes, es posible inferir que la posibilidad de salvar vidas y el impacto positivo en la comunidad son poderosos motivadores. La satisfacción personal derivada de ayudar a otros, así como el sentido de trascendencia y contribución a un bien mayor, son aspectos que pueden influir en la decisión de convertirse en donante [9]. Sin embargo, estas motivaciones solo pueden cristalizarse plenamente cuando existe un entendimiento claro y preciso de cómo funciona el proceso de donación y trasplante, así como de los beneficios tangibles que puede traer consigo.

La confianza en el sistema de donación y trasplante de órganos es fundamental para fomentar una cultura de donación activa y responsable. Estudios relacionados expresan dudas o preocupaciones sobre la equidad en el acceso a los trasplantes también pueden estar reflejando una falta de confianza en la administración y distribución justa de los órganos donados. Asegurar la transparencia en los procesos de asignación, así como garantizar que todos los sectores de la población tengan acceso igualitario a los servicios de trasplante, son medidas clave para fortalecer la confianza pública. Esto no solo mejora las percepciones individuales, sino que también fortalece la cohesión social en torno a la práctica de la donación de órganos [7].

La percepción generalizada de que el acceso a los trasplantes de órganos no es equitativo refleja desafíos más amplios en términos de acceso a la atención médica y a los servicios de salud en general. Esta inequidad puede estar influenciada por factores socioeconómicos, geográficos y estructurales que limitan el acceso de ciertos grupos de la población a los recursos necesarios para recibir un trasplante de manera oportuna y efectiva. Abordar estas desigualdades no es solo una cuestión de justicia social, sino también una necesidad urgente para garantizar que todos los ciudadanos, independientemente de su origen o situación socioeconómica, tengan la misma oportunidad de beneficiarse de los avances médicos y tecnológicos disponibles [6].

De manera general, los resultados arrojados por el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico implementado para evaluar la donación y trasplante de órganos en Ecuador, destaca la importancia crítica de mejorar la educación, abordar barreras culturales y promover una mayor equidad en el acceso a los trasplantes. Estos esfuerzos no solo pueden salvar vidas directamente, sino que también fortalecen los cimientos de una sociedad más informada, solidaria y justa en términos de salud pública.

6 Conclusión

La presente investigación, propuso un método para la evaluación de la donación y trasplante de órganos en Ecuador. Basó su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto. El método propuesto obtuvo como resultado un proceso de inferencia mediante a partir del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico. Dentro de los principales resultados obtenidos se evidenció que la donación y trasplante de órganos en Ecuador se encuentran en un punto crítico, marcado por un rezago legal y normativo que limita el potencial del sistema para salvar vidas y mejorar la calidad de vida de miles de pacientes.

Sin embargo, en medio de estos desafíos, existe una esperanza latente de transformar esta realidad y construir un futuro donde la donación de órganos se convierta en un acto de solidaridad y responsabilidad social. En cuanto a las propuestas de estrategias para fortalecer el sistema de donación y trasplante de órganos, se tiene la importancia de emprender campañas masivas de sensibilización y educación sobre la importancia de la donación de órganos. Se deben utilizar diversos canales de comunicación, adaptando los mensajes a diferentes grupos poblacionales y promoviendo información veraz y confiable. Es necesario involucrar a las escuelas, universidades, medios de comunicación, líderes comunitarios y religiosos en este esfuerzo conjunto para generar un cambio cultural profundo hacia la donación de órganos.

Un marco legal y normativo sólido es esencial para garantizar la transparencia, la ética y la protección de los derechos en el sistema de donación y trasplante de órganos. Se requiere una revisión y reforma integral de las leyes existentes, simplificando los procedimientos, definiendo claramente las responsabilidades de todas las partes involucradas y estableciendo mecanismos robustos para la transparencia y la rendición de cuentas.

Además, se sugiere la promoción de una cultura de donación de órganos requiere un esfuerzo continuo y sostenido. Se deben implementar programas educativos en escuelas y universidades, campañas en medios de comunicación y fomentar la participación activa de líderes comunitarios y religiosos para generar un cambio cultural profundo hacia la donación de órganos. Es fundamental abordar los mitos, creencias erróneas y barreras culturales que aún obstaculizan la donación en el país.

Referencias

[1] O. Aubert, D. Yoo, D. Zielinski, E. Cozzi, M. Cardillo, M. Dürr, B. Domínguez-Gil, E. Coll, M. I. Da Silva, and V. Sallinen, "COVID-19 pandemic and worldwide organ transplantation: a population-based study," *The Lancet Public Health,* vol. 6, no. 10, pp. e709-e719, 2021.

[2] R. W. M. Ponce, and M. M. P. Sánchez, "Conocimientos, actitudes y prácticas sobre enfermedad de Chagas en una población rural ecuatoriana," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 3, pp. 285-299, 2024.

[3] G. J. P. Guerrero, and A. L. D. Ramírez, "El derecho a la igualdad en la donación y trasplante de órganos tejidos y células entre vivos," *Dominio de las Ciencias,* vol. 9, no. 4, pp. 70-86, 2023.

[4] M. D. Gilbert Orús, "La donación de órganos y tejidos en Ecuador," *Revista Ecuatoriana de Neurología,* vol. 32, no. 1, pp. 10-11, 2023.

[5] A. T. Jorge, V. J. Andrea, M. B. Juan, and B. N. Víctor, "Trasplante renal en ecuador, puntos clave y situación actual," *Revista Médica Vozandes,* vol. 31, no. 2, 2020.

[6] O. Chicango, and E. Lisbet, "Análisis jurídico sobre desinformación sobre la donación y trasplante de órganos en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura-Ecuador (abril 2021-agosto 2022)," Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, 2022.

[7] A. M. A. Fernández, L. E. Correa-López, and A. Jhony, "Actitudes de estudiantes universitarios acerca de la donación de órganos en población latinoamericana," *Revista de la Facultad de Medicina Humana,* vol. 17, no. 2, 2017.

[8] H. L. Fuenzalida-Puelma, "Trasplante de órganos. La respuesta legislativa de America Latina," *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 108 (5-6), mayo.-jun. 1990*, 1990.

[9] E. C. Ferreiro, D. N. Pérez, L. C. Arias, and E. D. C. González, "Polémicas actuales sobre donación y el trasplante de órganos desde una perspectiva bioética," *Revista Información Científica,* vol. 98, no. 6, pp. 815-827, 2019.

[10] J. A. Fishman, "Infection in organ transplantation," *American Journal of Transplantation,* vol. 17, no. 4, pp. 856-879, 2017.

[11] M. A. Raja, M. A. Mendoza, A. Villavicencio, S. Anjan, J. M. Reynolds, V. Kittipibul, A. Fernandez, G. Guerra, J. F. Camargo, and J. Simkins, "COVID-19 in solid organ transplant recipients: a systematic review and meta-analysis of current literature," *Transplantation Reviews,* vol. 35, no. 1, pp. 100588, 2021.

[12] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[13] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[14] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[15] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[16] A. Arquero, M. Alvarez, and E. Martinez, "Decision Management making by AHP (analytical hierarchy process) trought GIS data," *IEEE Latin America Transactions,* vol. 7, no. 1, pp. 101-106, 2009.

[17] S. E. López Cuenca, "Análisis de factibilidad y pertinencia del programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Innovación mediante el modelo AHP difuso," Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Comercial., 2017.

[18] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[19] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[20] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[21] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[22] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[23] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[24] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[25] O. M. Cornelio, and J. G. Gulín, "Modelo para la evaluación de habilidades profesionales en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Revista Cientifica,* vol. 3, no. 33, pp. 1, 2018.

[26] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

[27] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[28] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[29] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[30] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[31] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[32] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[33] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[34] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[35] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[36] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[37] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

Recibido: noviembre 20, 2024. Aceptado: diciembre 12, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025

University of New Mexico

Método neutrosófico para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba.

Neutrosophic method for the control of alcoholism profiles in the city of Riobamba.

José Milton Jiménez Montenegro[1], Gabriela Fernanda Fajardo Pincay[2], and Daniela Alejandra León Yánez[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. ur.josejimenez@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. gabrielafp19@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador. danielaly14@uniandes.edu.ec

Resumen. El alcoholismo se reconoce como una enfermedad caracterizada por la dependencia del alcohol, en particular del etanol, que es una sustancia altamente adictiva. Esta condición no solo desencadena problemas de salud, como enfermedades cardiovasculares, sino que también conlleva graves repercusiones sociales. En este contexto, el objetivo principal de la investigación es desarrollar un método neutrosófico para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba, centrándose en identificar y evaluar las consecuencias y problemas asociados con el consumo de alcohol en la comunidad. Este estudio también analizará la efectividad de los protocolos existentes para la prevención del alcoholismo en Ecuador. Esta investigación busca contribuir al desarrollo de estrategias efectivas que aborden los problemas derivados del alcoholismo en Riobamba, promoviendo así una mejor salud y cohesión social en la comunidad.

Palabras Claves: perfiles de alcoholismo, método neutrosófico, enfermedad, problema social

Abstract. Alcoholism is recognized as a disease characterized by dependence on alcohol, particularly ethanol, which is a highly addictive substance. This condition not only triggers health problems, such as cardiovascular diseases, but also entails serious social repercussions. In this context, the main objective of the research is to develop a neutrosophic method for the control of alcoholism profiles in the city of Riobamba, focusing on identifying and evaluating the consequences and problems associated with alcohol consumption in the community. This study will also analyze the effectiveness of existing protocols for the prevention of alcoholism in Ecuador. This research seeks to contribute to the development of effective strategies that address the problems arising from alcoholism in Riobamba, thus promoting better health and social cohesion in the community.

Keywords: alcoholism profiles, neutrosophic method, disease, social problem

1 Introducción

El alcoholismo es considerado una enfermedad, el cual es la dependencia del alcohol, esta es preocupante ya que con el paso del tiempo deteriora la salud física y mental de las personas [1]. Esta enfermedad la puede padecer cualquier persona independientemente de su edad, sexo o hasta incluso su clase social. Otro punto importante que hay que tomar en cuenta es que la dependencia del alcohol según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es que, gracias al etanol, estas bebidas producen dependencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la ingesta de alcohol ha sido parte de las culturas de diversos países durante muchos siglos [2].

A nivel mundial la OMS, proporciona en su Informe Mundial de Situación sobre Alcohol y Salud que, 1 de cada 20 muertes, es producida por la ingesta de alcohol, ya que el consumo de esta sustancia puede ocasionar: accidentes de tránsito, ya que en el 2019 el consumo de alcohol ocasionó 298 000 muertes por accidentes de tránsito ligadas con el alcohol, de estas 156 000 fueron el resultado de que otra persona había consumido alcohol; además también encontramos que el consumo de esta sustancia, también ocasiona violencia, trastornos digestivos, enfermedades cardiovasculares y demás condiciones, qué acarrean a la muerte y son atribuibles por el consumo de alcohol [3].

El consumo de alcohol desproporcionado trae consecuencias a las personas, familias y comunidades ya que acarrea violencia problemas de salud mental enfermedades de diversas índoles y lesiones, razón por la cual propone

intensificar las acciones para prevenir esta grave amenaza para el desarrollo de las sociedades saludables. Se podría decir que el consumo de alcohol nocivo no sólo afecta a los consumidores, sino también a sus familias y a cualquier allegado suyo ya que genera una carga sobre el sistema de salud y servicios sociales [4].

Generalmente, los factores sociales son los que influyen en el consumo del alcohol y además también influye el ámbito cultural y social, la disponibilidad de alcohol, el desarrollo económico de cada persona y cuáles son las políticas y normas sobre el consumo de alcohol dependiendo de cada país. Es preocupante ver que en América que las consecuencias y lesiones causadas por el consumo de alcohol son preocupantemente altas.

El alcoholismo es un problema de salud muy evidente en Latinoamérica, tiene implicaciones evidentes como sociales, financieras y sanitarias. El excesivo consumo del alcohol ha generado preocupación sobre los efectos que pueden generar en la salud y especialmente en la sociedad [5]. En relación con el consumo de alcohol y en otras regiones a nivel mundial, en Latinoamérica es muy alto. Según la OMS países como Brasil, México y Argentina lideran las estadísticas de consumo de alcohol.

Las principales causas de alcoholismo en Latinoamérica se deben a factores como es lo cultural, aceptación social, económicos y psicológicos. Otro factor que también es considerado es que la pobreza y el desempleo, generan falta de oportunidades y pueden llevar a las personas a buscar consuelo en el alcohol. En el ámbito psicológico los problemas de salud mental como son la depresión y la ansiedad también están estrechamente relacionados con el consumo de alcohol excesivos.

En el Ecuador el alcoholismo es considerado un problema de salud pública y a que tiene repercusiones sociales, económicas y sanitarias. En el 2014 la OMS ubica al Ecuador en el noveno lugar dentro de América latina con el mayor consumo de bebidas alcohólicas. El consumo de alcohol es prevalente y está en aumento especialmente dentro de la población joven.

A partir de la fundamentacion anterior, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba.

2 Preliminares

El alcoholismo a nivel general es considerado como una enfermedad más que un vicio, es considerado como un problema social, ya que, según datos del INEC, en un lapso de 10 años esta sustancia produjo la muerte de 6042 personas, dando como resultado que por año mueren 604 personas. Estos datos estadísticos muestran una sociedad sumida en la cultura del alcohol donde su consumo está legitimado en la vida cotidiana y forma parte de las prácticas comunes para el ecuatoriano.

Para que una persona consuma alcohol se ha identificado varios factores destacados que conllevan a su consumo, especialmente en el Ecuador estos son:

- Culturales: El consumo de alcohol está profundamente arraigado a la aprobación social, así como a las celebraciones y actividades sociales que normalizan su consumo desde una edad temprana.
- Económicos: muchas veces la pobreza y la falta de oportunidades pueden llevar a las personas a recurrir al consumo del alcohol como una forma de escape de sus problemas
- Psicológicos: actualmente la depresión y la ansiedad son considerados problemas graves de salud mental y están relacionados con el consumo del alcohol.
- Falta de fuentes de trabajo: otro factor importante que debemos considerar es la falta de fuentes de trabajo, asociado con la migración del campo a las ciudades en donde se radican con la esperanza de una fuente de trabajo, al no existir con facilidad caen en el vicio del alcohol, convirtiéndose en un gran problema para las grandes ciudades, se encuentra ligado con mucha frecuencia en el cometimiento de delitos, unos lo hacen para sobrevivir, otros ven como la mejor forma de obtener dinero, lamentablemente se encuentra en los estratos más bajos de la sociedad ecuatoriana.

Otro punto importante para tratar es sobre las consecuencias devastadoras que tiene el consumo de alcohol en el Ecuador, ya que acarrea diversos problemas como son; la salud, ya que el abuso de alcohol lleva a generar enfermedades empáticas trastornos cardiovasculares y problemas de salud mental así como diversas infecciones; en el ámbito social aumenta el riesgo de violencia doméstica desintegración familiar y problemas en las relaciones interpersonales; y en el ámbito económico, al mes se gastan millones de dólares sólo en el consumo de alcohol, además los costos asociados con el tratamiento de las enfermedades relacionadas con el alcohol y la pérdida de productividad, representa una carga significativamente para la economía nacional [6].

Consumo de alcohol en menores de edad

Un tema que también es importante abarcar es sobre el consumo de alcohol siendo menores de edad, ya que el consumo de éste es uno de los problemas menos visibles en el Ecuador. Según un estudio realizado por la organización internacional ChildFund muestra como el 7,6% de niños y adolescentes en ecuatorianos bebe alcohol.

En esa misma investigación que sea utilizado como referencia, se puede destacar que existieron varios casos de niños que requirieron asistencia médica urgente ya que ingirieron altas cantidades de alcohol. Adicionando, la organización señala que estos datos sacan a la luz una preocupante ineficiencia de las políticas públicas que aborda

esta problemática.

Como ya se ha detallado anteriormente, el estudio de ChildFund hoy afirma que el consumo de alcohol es una de las causas principales de los problemas mentales en los menores de edad. Ya que acarrea además de la depresión y la ansiedad, trastornos psicóticos agudos, esquizofrenia y bipolaridad.

Como causas más elocuentes para el consumo de alcohol en adolescentes, menores de edad y jóvenes que han cumplido la mayoría de edad podemos considerar: La desorganización familiar por varias situaciones, la más recurrente es el trabajo de los dos padres de familia, por la necesidad de atender todas las necesidades de los hijos, quedando al abandono y al vacío que empiezan a experimentar los adolescentes, etapa sin duda la más importante donde requiere la mayor atención de por lo menos uno de los padres; error irreparable que cometen muchos padres de familia que creen que satisfaciendo necesidades que no son de importancia, y lo cambian por el amor, cariño y atención que como padres debemos darles.

La migración de los padres por tratar de buscar mejores ingresos económicos para su familia dejando desamparados a los hijos a cargo de los abuelos o algún familiar que no logra suplir el vacío que dejan sus padres, lo que determina que el dinero no remplaza a la parte emocional de las personas. Además, otro factor que influye que los niños y adolescentes ecuatorianos se refugian en el alcohol son las malas relaciones familiares, por esta razón los adolescentes buscan estrechar sus vínculos con amigos que llenarán el vacío que tienen, aunque estos no le traigan efectos positivos a su vida.

Alcoholismo en la ciudad de Riobamba

En la ciudad de Riobamba la visión sobre el consumo de bebidas alcohólicas y el alcoholismo no es muy diferente a lo que se ha venido planteando a nivel mundial y en el Ecuador, sin embargo y siguiendo los métodos de observación, el fácil acceso a las bebidas alcohólicas ha hecho que se genere una gran preocupación, especialmente porque los locales que venden este producto están muy cerca de colegios y demás establecimientos educativos. Razón por la cual el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, ha decretado que Riobamba representa una de las tasas más altas de consumo en la región andina especialmente entre los adolescentes [7].

El alcoholismo es un trastorno crónico del comportamiento donde el individuo ingiere de manera descontrolada y excesiva alcohol generando daños y conflictos en sus esferas psicosociales y además producen consecuencias negativas tanto a su bienestar físico y mental, haciendo alusión que cualquier persona sin importar su clase, sexo, etnia u otros factores externos, podría ser afectado por esta problemática social especialmente en la ciudad de Riobamba [8].

Varios ciudadanos han expresado su preocupación por esta problemática, ya que en general se ha podido observar en los parques, calles, mercados, o cualquier otro sitio de la ciudad, como existen personas en estado de ebriedad, dejando como prueba suficiente que el alcoholismo es un problema que ya no sólo afecta a la persona, sino que también a la sociedad. Ya que, según la prensa, el alcoholismo ha desencadenado varios contratiempos, qué han sido registrados en llamadas al ECU 911, porque los riobambeños expresan su molestia al ver riñas callejeras, maltrato y accidentes de tránsito, todos estos gracias al consumo del alcohol [9].

Otro punto importante que destacó la psicóloga Bayas es que además de las afectaciones a la salud por la ingesta de alcohol, trae comportamientos agresivos e inestables, que convierte a una persona alcohólica en una amenaza a su entorno. Ya se han dado casos que la ingesta de alcohol a llevado a muchas personas a cometer delitos de violación y asesinatos de personas allegadas, compañeras de trabajo como el último caso sucedido en las Fuerzas Armadas, sin permitirles razonar las consecuencias que acarrea después de cometer estos actos, involucrando a terceros como son esposa e hijos y demás familiares.

Se podría decir que el consumo de alcohol va de la mano con situaciones sociales, ya que siempre conlleva algo detrás, ya sea por problemas personales o familiares. La mayoría de las veces el inicio del consumo de alcohol parte desde el aprendizaje que se realizar en los eventos socioculturales que en la ciudad se realizan con el consumo de bebidas alcohólicas, costumbres que se desarrollan en la mayoría de los pueblos de Latinoamérica, ya que desde pequeños el consumo del alcohol ha estado presente en el entorno de los infantes y los adolescentes, y no es muy diferente en la ciudad de Riobamba.

En la OMS varios doctores aconsejan que los países tomen medidas para el consumo de alcohol, ya sea aumentando los impuestos a estas bebidas o restringiendo su publicidad, ya que al ver que este problema sigue aumentando piden que se tome medidas drásticas. Por esta razón una gran parte de los países ha adoptado, diversas medidas para controlar el mismo.

En la actualidad, específicamente en la ciudad de Riobamba tiene un ordenanza de "Prevención Integral, regulación y control del uso de drogas incluido el consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos del cantón Riobamba", según esta ordenanza tiene como objetivo dos aspectos importantes, el primero es atacar la raíz de este problema de salud pública, enfocándose en crear alternativas y estrategias para evitar el consumo de estas bebidas alcohólicas; y por otro lado está el control y regulación del uso del espacio público, en este se contempla infracciones sobre el consumo de alcohol, estas van desde multas por entregar bebidas alcohólicas, consumir bebidas alcohólicas en espacios públicos o en vehículos, supuestamente esta ordenanza, ya tuvo que estar vigente

desde el 2020, sin embargo se puede observar que no ha tenido ninguna eficacia ya que el alcoholismo sigue aumentando cada vez más [10].

Para mitigar en parte el problema del alcoholismo es necesario que desde el Estado se implementen políticas de sociabilización como medida preventiva, igualmente deben realizar los Gobiernos Seccionales, la ley ya existe, pero no basta para poder erradicar este grave problema de la sociedad riobambeña, motivo por el cual se propone la implementación del Método neutrosófico para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba.

3 Lógica neutrosófica

La lógica neutrosófica (NL) es un armazón general para unificación de muchas lógicas existentes [11]. Generaliza la lógica borrosa (especialmente la lógica intuicionista borrosa). La idea importante de NL es caracterizar cada declaración lógica en un espacio 3D neutrosófico, donde cada dimensión del espacio representa la verdad (T) respectivamente, la falsedad (F), y indeterminancia (I) de la declaración baja consideración, donde T, I, F son estandarte o no estandarte real subconjunto de [-0, 1+] [[12], [13].

La unidad de intervalo clásico [0,1] se puede usado. T,I,F son componentes independientes dejando espacio para información incompleta (cuando la suma superior <1); para consecuente e información contradictoria; (cuando el suma superior >1) o información completa (suma de componentes =1)[14].

Los conjuntos neutrosóficos son una generalización de conjunto borroso, espacialmente de conjunto intuicionístico borroso. Deja ser U, un universo de discurso, y M un conjunto incluido en U. Un elemento x de U es notado en respeto del conjunto M como x(T, I, F) y pertenece a M en el modo siguiente: Es t% verdad en el conjunto, i% indeterminante (desconocido si sea) en el conjunto, y f% falso, donde t varia en T, i varia en I, f varia en F[15-18]

Estadísticamente T, I, F son subconjuntos, pero dinámicamente T, I, F son funciones u operaciones dependiente de muchos parámetros desconocidos o conocidos [14], [19].

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica a un problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta los Conjuntos Neutrosóficos de Valor Único [20] (SVNS por sus siglas en inglés) los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas [21] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [22-24].

Sea X un universo de discurso.Un SVNSA sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \tag{1}$$

donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$.

3. Diseño del método para el control de perfiles de alcoholismo

El método neutrosófico propuesto consta de tres procesos principales, selección de perfiles, evaluación de las alternativas y selección de la base de conocimiento del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento general del método propuesto.

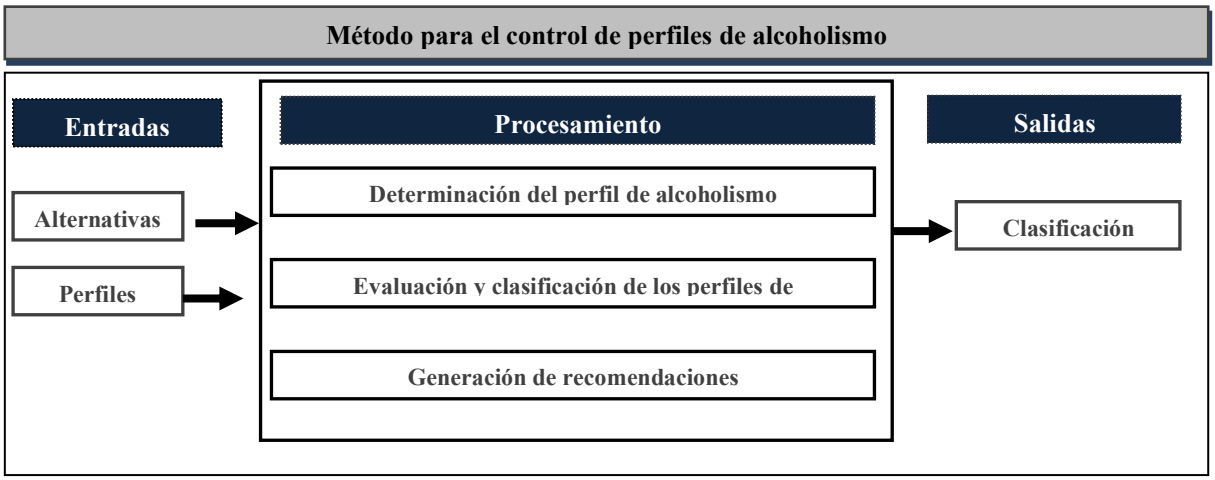

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método para el control de perfiles de alcoholismo.

A continuación, se presenta el flujo de trabajo. Está basado fundamentalmente en la propuesta de Cordón [25, 26], para sistemas de recomendación basados en conocimiento permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [27-29]. La descripción detallada de cada una de sus actividades y del

modelo matemático que soporta la propuesta es presentada a continuación.

3.1 Creación de la base de datos con los perfiles de control de alcoholismo

Cada uno de los casos a_i será descrito por un conjunto de características que conformarán el perfil de control de alcoholismo.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{2}$$

Este perfil puede ser obtenido de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los casos registrados de alcoholismo en cada una de las instituciones competentes [30, 31]:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{3}$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN. Para esto los términos lingüísticos a emplear son definidos [32, 33].

Una vez descritos el conjunto casos de alcoholismo identificados y categorizados que representan las alternativas:

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{4}$$

Los perfiles son guardados en una base de datos para su posterior recuperación.

3.2 Obtención del perfil de control de alcoholismo

En esta actividad se determina la información de los perfiles de control de alcoholismo sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{5}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los casos:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{6}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante ejemplo o mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [34].

3.3 Filtrado de los perfiles de control de alcoholismo

En esta actividad se filtran los perfiles de control de alcoholismo de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuadas según las características presentes. Con este propósito se calculada la similitud entre el perfil de los casos, P_e y cada perfil disponible $a_j$registrado en la base de datos. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(|a_{ij} - a_j^*| \right)^2 + \left(|b_{ij} - b_j^*| \right)^2 + \left(|c_{ij} - c_j^*| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{7}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de control de alcoholismo y los almacenados, a_j[35].

3.4 Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de control de alcoholismo y los almacenados en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representados por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{8}$$

La mejor recomendación serán aquellas que mejor satisfagan las necesidades del perfil del caso, o sea, que presente mayor similitud.

4 Implementación del método propuesto

La presente sección describe la implementación del método propuesto para el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba, Ecuador. La herramienta permite la obtención de datos confiables de especialistas multidisciplinarios con experiencia de más de 5 años en estos casos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [36].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	M	MD	MB	MB
a_2	B	B	M	M
a_3	B	M	M	B
a_4	B	B	MMB	B
a_5	B	M	M	B
a_6	M	MMB	MDB	MMB
a_7	B	M	MMB	B

Si un especialista del sistema de salud u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando sus perfiles de alcoholismo. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{B}, \mathrm{B}, \mathrm{MMB}, \mathrm{B}\}$$

El siguiente paso en el ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil de alcoholismo proporcionado como objeto de análisis y los perfiles almacenados en la base de datos.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil de alcoholismo proporcionado por u_e

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.10	0.50	0.40	0.95	0.55	0.15	0.75

En la fase de recomendación se recomendará aquel perfil que más se acerquen al perfil de alcoholismo proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_4, a_7, a_5, a_2, a_4, a_6, a_1\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos casos más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_4, a_7$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_4$$

La implementación de un sistema de recomendaciones basado en el método neutrosófico ha resultado ser un avance significativo en el control de perfiles de alcoholismo en la ciudad de Riobamba. Este enfoque permite generar perfiles que se asemejan al perfil objeto de estudio, proporcionando a los especialistas herramientas concretas para la identificación de casos y necesidades específicas en el tratamiento del alcoholismo. Al emplear la neutrosofía, se pueden considerar no solo los aspectos binarios de la adicción, sino también las incertidumbres y matices asociados con cada caso, lo que permite una evaluación más completa y precisa del problema.

Uno de los beneficios clave del método neutrosófico es su capacidad para integrar información variada y a menudo contradictoria sobre el estado del alcoholismo en un individuo. Esto permite a los profesionales de la salud obtener un entendimiento más holístico de cada situación, considerando factores como el contexto social, la historia personal, y las dinámicas familiares que pueden influir en la adicción. Al comparar el perfil de un paciente con otros perfiles generados en el sistema, los expertos pueden identificar patrones y tendencias que podrían haber pasado desapercibidos en un análisis más tradicional.

Además, este enfoque proporciona una base sólida para la personalización de las intervenciones. Con datos más precisos a su disposición, los especialistas pueden formular estrategias de tratamiento que aborden las particularidades de cada caso, optimizando así los recursos disponibles y aumentando las posibilidades de éxito en la recuperación. El método neutrosófico propuesto no solo mejora la comprensión de los perfiles de alcoholismo en Riobamba, sino que también optimiza la intervención y el seguimiento, promoviendo un enfoque más efectivo y sostenible para enfrentar esta problemática social.

5 Discusiones

El consumo de alcohol se podría definir como un problema social, ya que no sólo afecta a las personas que lo consumen, sino que también perjudica a los que están a su alrededor [6]. Además de a su familia, las personas que ya padecen esta enfermedad, no se dan cuenta que también causan problemas sociales.

Es alarmante ver como una práctica que trae tantas consecuencias a la sociedad, es al mismo tiempo una de las más normalizadas, ya que, desde adolescentes en el hogar, normalizan esta práctica, porque copian las acciones que hacen sus mayores. Del mismo modo también hay que tomar en cuenta, que la aceptación social también es un factor clave para el consumo del alcohol [1].

El consumo de alcohol en la ciudad de Riobamba ha ido aumentando, sólo por el simple hecho de encontrar cada vez más licorerías o personas en estado de embriaguez en las calles, ya que en sectores existen grupos de personas que podrían denominarse “alcohólicas” consumiendo el alcohol a plena luz del día y cerca de instituciones educativas, lo cual presenta un peligro para las personas que habitan o frecuentan estos sectores, por qué es bien sabido que el alcohol al momento de consumirlo afecta el sistema nervioso de las personas, lo que genera que sus funciones intelectuales vayan reduciéndose, ya que permite que nuestras emociones se manifiesten de manera primitiva, con ira, pasión o lujuria, sin filtro social [37].

También es importante recalcar, que pese a que existen ya programas y proyectos, que buscan enfrentar esta problemática, no están cumpliendo con sus objetivos, lamentablemente el consumo de alcohol va aumentando y con ello sus consecuencias.

6 Conclusión

El alcoholismo dentro de América Latina los países que lideran esta enfermedad son México, Brasil, Argentina que sufren problemas graves en lo social, económico y psicológico, por la dependencia que genera el etanol, uno de los factores que influye en esta preocupante enfermedad es la pobreza específicamente en la sociedad acarreando problemas como: violencia, accidentes de tránsito y lo que es peor depresión y ansiedad fuerte.

Por todas las razones expuestas no está fuera de esta problemática el Ecuador y por ende la ciudad de Riobamba, observándose consumo de alcohol desde tempranas edades en niños y jóvenes no solo de población pobre sino de personas de clase media y alta, esta problemática se registra en el ECU 911 de forma muy frecuentemente peleas, accidentes de tránsito, gente que duerme en plazas, además que esta enfermedad es muy común en la ciudad de Riobamba a nivel estudiantil, generando estupefacto en la población y en los turistas mala imagen como ciudad y sociedad.

El Estado debe considerar que es un problema social muy grave en estudiantes de secundaria y educación superior, debe crear centros de rehabilitación y seguimiento a los que ya padecen de un grado alto de consumo con la infraestructura adecuada y los recursos necesarios; como medida preventiva debe incorporar programas de desarrollo en lo deportivo, cultural y social con el objeto de impedir que caigan en las garras de este vicio que aqueja e incomoda a más de padres de familia a la sociedad de la ciudad de Riobamba.

Referencias

[1] D. J. Zapata, and A. d. R. P. Delgado, "Consumo de alcohol y violencia intrafamiliar en adultos jóvenes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 99-110, 2024.

[2] D. M. C. Pérez, and M. A. M. Freire, "El bienestar psicológico y el consumo de alcohol en adultos," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 233-244, 2024.

[3] J. T. Waddell, A. J. Blake, and L. Chassin, "Relations between impulsive personality traits, alcohol and cannabis co-use, and negative alcohol consequences: A test of cognitive and behavioral mediators," *Drug and alcohol dependence,* vol. 225, pp. 108780, 2021.

[4] R. W. Carpenter, and J. E. Merrill, "How much and how fast: Alcohol consumption patterns, drinking-episode affect, and next-day consequences in the daily life of underage heavy drinkers," *Drug and alcohol dependence,* vol. 218, pp. 108407, 2021.

[5] R. L. Gunn, A. Sokolovsky, A. K. Stevens, J. Metrik, H. White, and K. Jackson, "Ordering in alcohol and cannabis co-use: Impact on daily consumption and consequences," *Drug and Alcohol Dependence,* vol. 218, pp. 108339, 2021.

[6] F. M. C. Poaquiza, and E. A. G. Pérez, "Prevalencia de la cirrosis hepática en pacientes alcohólicos en Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 4, pp. 661-672, 2023.

[7] R. I. F. León, and A. Galárraga-Andrade, "Ansiedad y consumo de alcohol en los estudiantes de bachillerato de una Unidad Educativa del cantón Riobamba, período 2022-2023," *Prometeo Conocimiento Científico,* vol. 3, no. 1, pp. e31-e31, 2023.

[8] M. P. Santos Jara, "Riesgo psicosocial y consumo de alcohol en los servidores municipales de Gestión Ambiental, salubridad e higiene del Gad Riobamba, período diciembre 2016–marzo 2017," Universidad Nacional de Chimborazo, 2017, 2017.

[9] N. S. Colcha Pozo, and T. A. Altamirano Calderón, "Alcoholismo y memoria de trabajo en los miembros del grupo de Alcohólicos anónimos" Chimborazo" de riobamba, período septiembre 2016-febrero 2016," Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2016., 2016.

[10] N. C. Pusay Villarroel, ""Patrones clínicos de personalidad y continuidad en el proceso de recuperación del alcoholismo en grupos de apoyo AA tradicionales de la ciudad de Riobamba, periodo diciembre 2015–mayo 2016"," Universidad Nacional de Chimborazo, 2016, 2017.

[11] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[12] F. Smarandache, "A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141: American Research Press, 1999.

[13] F. Smarandache, and S. Pramanik, *New trends in neutrosophic theory and applications*: Infinite Study, 2016.

[14] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[15] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[16] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[17] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[18] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[19] F. Smarandache, and T. Paroiu, *Neutrosofia ca reflectarea a realităţii neconvenţionale*: Infinite Study, 2012.

[20] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[21] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[22] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[23] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[24] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[25] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[26] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[27] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[28] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[29] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[30] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[31] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[32] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[33] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[34] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.

[35] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.

[36] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[37] Y. P. Llerena Lucio, and K. V. Zabala Toledo, "Rasgos de personalidad y consumo de alcohol," Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2025.

Recibido: noviembre 20, 2024. Aceptado: diciembre 13, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos.

Neutrosophic Cognitive Map for the evaluation of decompressive treatment in odontogenic keratocysts.

Marianela del Rocío Buitrón Recalde[1], Alex Giovanny Lara Muñoz[2], Anahí Fernanda Bravo Alvarado[3], and Laura Salas Gómez[4]

[1] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.marielabr36@uniandes.edu.ec
[2] Cirujano Maxilofacial, Práctica Privada, Quito. Ecuador. alex21-18@hotmail.com
[3] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. anahiba98@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. laurasg56@uniandes.edu.ec

Resumen. El queratoquiste odontogénico es un tumor benigno pero agresivo que deriva de la lámina dental, de crecimiento ilimitado que puede presentar sintomatología, revelado a través de las imágenes radiográficas de rutina. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. El método basa su funcionamiento mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. Los resultados del tratamiento en el caso clínico presentado fueron óptimos con una buena evolución de la zona con tejidos blandos y óseos en perfecto estado de cicatrización. Se concluyó que este tipo de lesión es altamente agresiva con esta técnica se redujo la presión interna del quiste y fomento la reducción de su tamaño, minimizando los riesgos asociados preservando estructuras anatómicas circundantes para su posterior enucleación.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, evaluación, tratamiento descompresivo, queratoquistes odontogénicos.

Abstract. Odontogenic keratocyst is a benign but aggressive tumor derived from the dental lamina, with unlimited growth that can present symptoms, revealed through routine radiographic images. The present research aims to develop a method for the evaluation of decompressive treatment in odontogenic keratocysts. The method bases its operation on Neutrosophic Cognitive Map. The results of the treatment in the clinical case presented were optimal with a good evolution of the area with soft and bone tissues in perfect healing condition. It was concluded that this type of lesion is highly aggressive with this technique the internal pressure of the cyst was reduced and the reduction of its size was promoted, minimizing the associated risks preserving surrounding anatomical structures for later enucleation.

Keywords: Neutrosophic Cognitive Map, evaluation, decompressive treatment, odontogenic keratocysts.

1 Introducción

El queratoquiste odontogénico (QO) es una lesión benigna pero agresiva que deriva de la lámina dental o de las células basales del epitelio oral, y también puede desarrollarse a partir del epitelio reducido del esmalte del folículo dental. Se localiza con mayor frecuencia en la región posterior del hueso mandibular, en la zona del tercer molar y el ángulo mandibular, pudiendo progresar hacia la rama y el cuerpo mandibular [1].

Esta patología fue descrita por primera vez por Mikulicz en 1876 y clasificada por Phillipsen en 1956. Posteriormente, Pindborg y Hansen en 1963 la describieron como una lesión solitaria bien delimitada y rodeada de una delgada capa cortical. En 2005, la Organización Mundial de la Salud (OMS) la reclasificó como tumor odontogénico queratoquístico debido a su alta tasa de recurrencia y comportamiento agresivo. Además, está asociada con el síndrome de Gorlin y mutaciones en el gen supresor tumoral PTCH [2].

El gen PTCH1 está presente en todos los individuos y desempeña un papel fundamental en la regulación del

crecimiento celular. Este gen actúa como un "freno" que previene el crecimiento excesivo de las células. Sin embargo, en ciertos individuos, el gen PTCH1 presenta defectos. Esta anomalía implica que el "freno" no funciona adecuadamente, permitiendo que las células crezcan y se dividan de manera descontrolada, lo que puede dar lugar a la formación de tumores y quistes, como los tumores odontogénicos queratoquísticos (TOQ) [3].

El QO es un hallazgo clínico frecuente, constituyendo una parte significativa de los quistes odontogénicos y siendo el tercer quiste más común en la mandíbula. Se localiza predominantemente en la región posterior de la mandíbula y la rama ascendente, mostrando una leve predilección por el sexo masculino. A menudo, los pacientes no presentan síntomas hasta que el quiste alcanza un tamaño considerable, siendo generalmente una lesión asintomática que se descubre de manera incidental.

Clínicamente, el QO se presenta generalmente como una lesión solitaria asintomática en sus etapas iniciales. Sin embargo, es importante destacar que en casos asociados al síndrome de Gorlin-Goltz (también conocido como síndrome de nevo basocelular), pueden presentarse múltiples lesiones. A medida que la lesión progresa, pueden manifestarse síntomas como expansión bucal o lingual, dolor, hinchazón o secreción. En casos raros y avanzados, se ha reportado parestesia del labio inferior [4].

Histopatológicamente, el QO se caracteriza por un epitelio escamoso estratificado paraqueratinizado con un grosor de ocho a diez células. Las células de la capa basal muestran un patrón empalizado con núcleos uniformes. La luz del quiste puede contener un líquido transparente o un material caseoso. La pared fibrosa del quiste es delgada y generalmente carece de infiltrado inflamatorio, aunque pueden observarse pequeños quistes satelitales, cordones o islas de epitelio odontogénico dentro de la pared [4].

El queratoquiste odontogénico tiene dos variantes histológicas: paraqueratinizada (común) y ortoqueratinizada (rara). La paraqueratinizada muestra epitelio delgado corrugado con células basales polarizadas, mientras la ortoqueratinizada tiene epitelio fino con capa granulosa y ortoqueratina lisa. Aunque pueden coexistir, difieren clínicamente: la ortoqueratinizada crece menos, recidiva menos y suele asociarse a dientes retenidos, apareciendo como lesiones uniloculares en los maxilares [5].

El queratoquiste odontogénico (QO) se presenta radiográficamente como una lesión radiolúcida bien delimitada, con un borde cortical delgado y bien definido. Puede manifestarse como una lesión única o como una radiotransparencia multilocular o poliquística. La variante unilocular es la más predominante, mientras que las lesiones multiloculares tienden a ser de mayor tamaño. La observación de la estructura cortical puede complicarse si la lesión está inflamada o ha perforado el hueso. En algunos casos, se observa expansión de corticales y reabsorción radicular. La interpretación radiográfica requiere una cuidadosa evaluación, especialmente en lesiones extensas o que han alterado significativamente la anatomía local [6].

El diagnóstico preciso del QO es fundamental, requiriendo que los profesionales de la odontología tengan conocimientos sólidos en interpretación radiológica y otras técnicas de imagen. La detección temprana permite un tratamiento oportuno, aumentando las probabilidades de éxito y minimizando las recurrencias El tratamiento del QO incluye diversas técnicas como la descompresión, la marsupialización, la enucleación y la resección en bloque, así como la combinación de estas con métodos coadyuvantes. Recientemente, se ha preferido el uso de tratamientos conservadores como la marsupialización y la descompresión debido a su mayor efectividad y menor tasa de recurrencia.

El estado actual del conocimiento sobre el QO indica que, a pesar de ser benigno, tiene un comportamiento agresivo y una alta tasa de recidiva. Estudios recientes han demostrado que la efectividad del tratamiento quirúrgico, en particular la descompresión seguida de enucleación puede reducir significativamente la recurrencia de estas lesiones. Sin embargo, la proximidad de estructuras vitales, como el nervio dentario inferior, complica el manejo y requiere un seguimiento a largo plazo. Las investigaciones han resaltado, además, la importancia de diagnósticos precisos y tratamientos conservadores para mejorar los resultados clínicos [6].

Este estudio tiene como objetivo principal analizar la eficacia y aplicabilidad del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos, una técnica conservadora que ha ganado relevancia en los últimos años. A través de una revisión detallada de la literatura científica reciente y la observación clínica, se busca evaluar las ventajas de este enfoque frente a métodos más agresivos, así como sus resultados a largo plazo. Se hará especial énfasis en los protocolos de tratamiento actuales, las posibles complicaciones y la importancia del seguimiento post-operatorio, con el fin de proporcionar una visión práctica y actualizada de esta modalidad terapéutica en el manejo de estas lesiones.

Este estudio pretende ofrecer a los profesionales de la salud oral una perspectiva amplia sobre la implementación del tratamiento descompresivo, sus desafíos y beneficios, con el objetivo de promover un enfoque más conservador y mínimamente invasivo. Se busca así optimizar los resultados clínicos, preservar la integridad estructural maxilofacial y mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados por esta patología.

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes en pacientes con descompresivo en queratoquistes odontogénicos, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de pacientes que representan las alternativas a analizar en el proceso del diagnóstico en el que:

El número de pacientes P= $\{P_1, \dots P_n\}$, $n \geq 1$,

Que poseen un cuadro clínico con un grupo de manifestaciones que sufren de afectaciones y molestias que representan los múltiples criterios valorativos donde:

C= $\{C_1, \dots C_m\}$, $m \geq 2$.

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [7]. Se enmarca en el objeto de estudio la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas los criterios que caracterizan la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [8], [9] [10]. La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

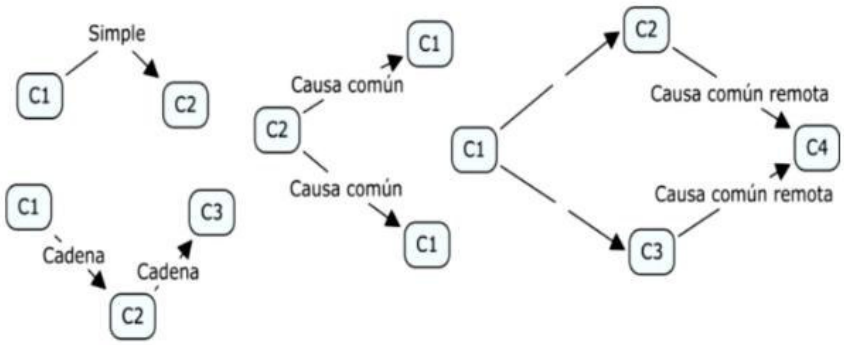

Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

Los Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN): es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [11] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [12], [13]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [14, 15].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [16]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

2.2 Método para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos a partir del conjunto de criterios o manifestaciones Odontológicas. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto (entradas, procesamiento y salidas) [17-20].

Las entradas del sistema: representan el conjunto de pacientes a analizar, evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos, las relaciones causales que poseen los síntoma y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos.

Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos.

El método para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos, está conformado por cinco actividades (identificación de las incidencias, determinación de las relaciones causales, identificación de los pesos atribuidos a las incidencias, identificación de los síntomas y generación del diagnóstico) que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios de evaluación: La identificación de los criterios incidencias representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de indicadores evaluativos que representan la base de inferencia . Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de criterios posibles.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de los criterios evaluativos. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios evaluativos. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [21], , [22] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [23], [24], [25]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [26-28].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificaciones de las preferencias de los criterios evaluativos: la identificación de las incidencias es la actividad que consiste en determinar cuáles criterios están presentes en las alternativas analizadas [29-31]. Para ello se entrevistan a las alternativas y se determina el grado de preferencia que poseen los criterios a partir de la autovaloración que emiten [32-34]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los síntomas.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)

Valor	Impacto
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación del diagnóstico: el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [35], [36], [37] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [38].

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función de evaluar el tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

El proceso de selección de las incidencias representa las manifestaciones puede estar presente en varias enfermedades [39], [40]. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evolutivos.

Nodo	Criterios
C_1	Reducción del tamaño del queratoquiste
C_2	Evolución clínica
C_3	Regeneración ósea
C_4	Evitar complicaciones quirúrgicas y funcionales
C_5	Aceptación y adherencia al tratamiento por parte del paciente

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre las incidencias se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a las incidencias:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), Se obtiene el comportamiento del peso atribuido a las manifestaciones. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a las incidencias

Criterios	Incidencias	Peso
C_1	Calidad de la instalación	[0.95, 0.1, 0.1]
C_2	Calibración de Equipos	[0.97, 0.1, 0.1]
C_3	Calidad en el servicio	[0.95, 0.1, 0.1]
C_4	Tiempo de espera en atención	[0.97, 0.1, 0.1]
C_5	Impacto de extracción Quirúrgica Terceros Molares Retenidos	[0.95, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificaciones de las incidencias:

A partir de la entrevista al paciente se determinó el grado de preferencia que poseen las incidencias mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el paciente objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: preferencia atribuida a las incidencias del paciente

Pacientes	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 5 generaciones del diagnóstico:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los pacientes mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los síntomas y prevé la evolución de ellos en los pacientes. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran las manifestaciones y su evolución.

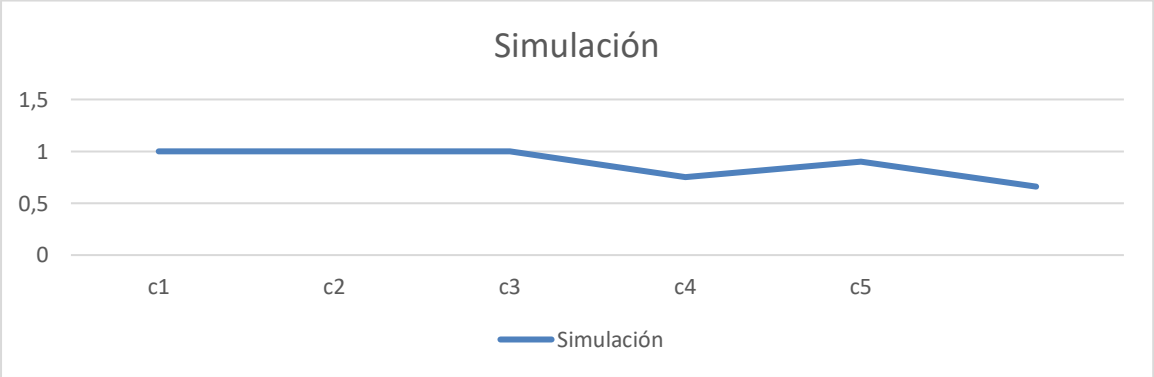

Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de una enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a las incidencias

Pacientes A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.95, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.97, 0.1, 0.1]
C_2	[0.97, 0.1, 0.1]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.86, 0.5,0.25]
C_3	[0.95, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.97, 0.1, 0.1]
C_4	[0.97, 0.1, 0.1]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.86, 0.5,0.25]
C_5	[0.95, 0.1, 0.1]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.85, 0.5,0.25]
Índice			[0.90, 0.1, 0.1]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un desarrollo de un I= 0.90, para el caso analizado representa una alta evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos.

4 Análisis de los resultados

Después de seis meses se realiza radiografía panorámica para evaluación de la terapia descompresiva, observándose disminución de las dimensiones iniciales aproximadamente 1 × 1 cm de diámetro del cuadrante inferior derecho y 1 x 1,5 cm de diámetro del cuadrante inferior izquierdo, se toma la decisión de realizar una segunda cirugía para retiro del drenaje y quistectomía de ambos queratoquistes aplicado una gasa con 5-fluorouracilo una vez eliminando los quistes para evitar recidiva. Después de cuatro meses se solicita tomografía para valorar regeneración ósea y evolución del paciente (Figura 4).

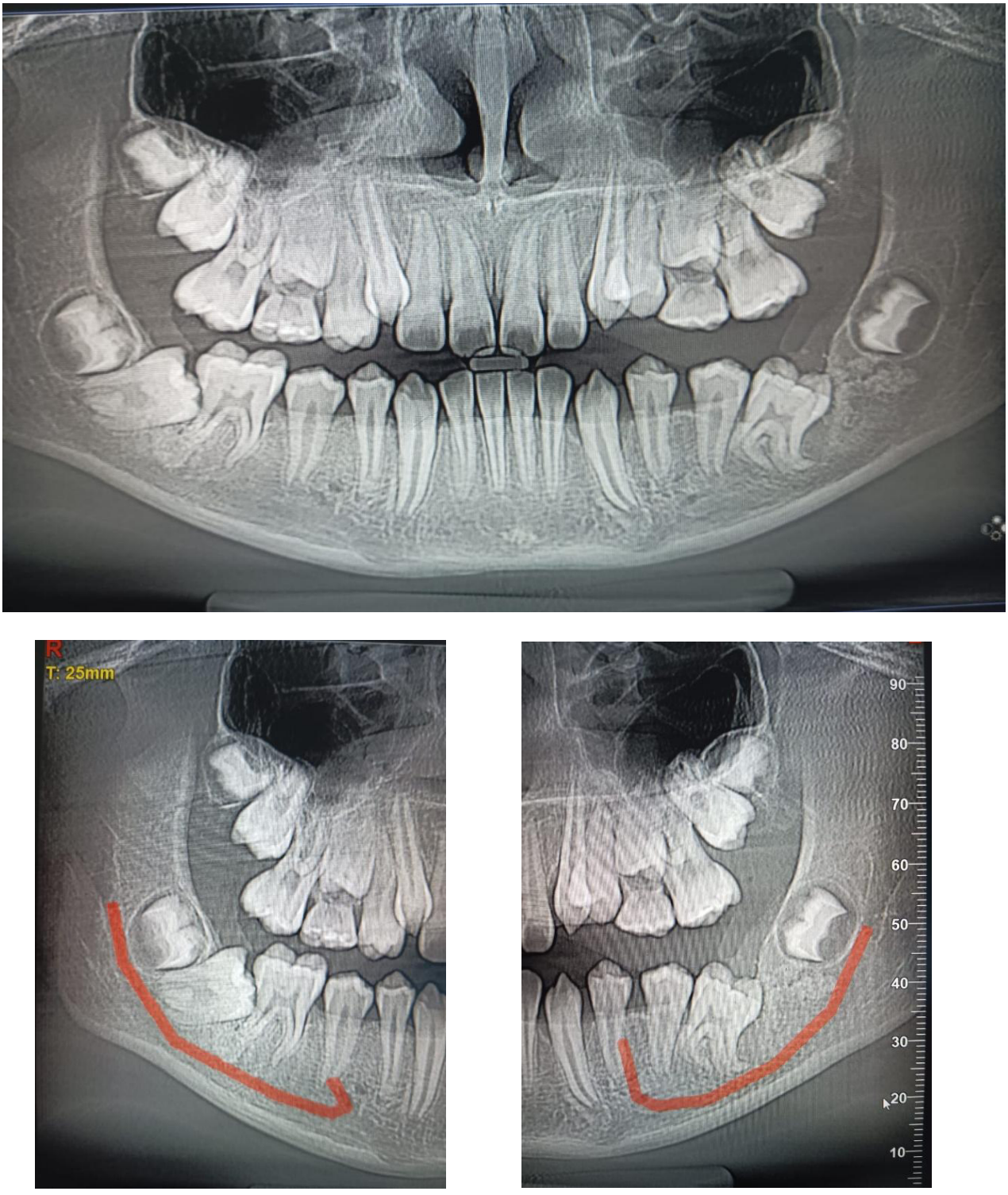

Figura 3. Tomografía de regeneración ósea y evolución del paciente .

En el presente caso clínico, el diagnóstico de quistes odontogénicos fue realizado con base en características radiográficas y tomográficas pertinentes con el objetivo de descartar otros posibles diagnosticos. Estos quistes, como el quiste dentígero y el quiste odontogénico queratocístico, son lesiones que se desarrollan a partir de tejidos dentales remanentes y pueden interferir significativamente con el desarrollo dental normal. Estas lesiones se caracterizan por su aspecto radiolúcido en las imágenes diagnósticas y pueden causar la retención de dientes permanentes, alterando la erupción dental y la oclusión. La evaluación mediante tomografía computarizada permite una visualización tridimensional detallada, crucial para determinar la extensión precisa del quiste y planificar el tratamiento adecuado [41].

La presencia de lesiones radiolúcidas delimitadas por halos radiopacos, tal como se observó en la radiografía panorámica del paciente, es característica de estos quistes. Esta imagen distintiva ayuda en el diagnóstico diferencial, permitiendo distinguir los diferentes tipos de quistes odontogénicos [42].

Dado que, aunque ambos quistes se originan a partir de tejidos relacionados con el desarrollo dental, sus orígenes específicos difieren. El quiste dentígero, por ejemplo, se desarrolla alrededor de la corona de un diente no erupcionado o en desarrollo, y generalmente se asocia con dientes permanentes, especialmente con los terceros molares (muelas del juicio), caninos superiores y premolares. Este tipo de quiste se forma por la acumulación de líquido entre el epitelio del esmalte y la corona del diente [43].

Por otro lado, el queratoquiste odontogénico se distingue por ser un quiste de desarrollo epitelial que surge de los restos de la lámina dental. Su alto índice de recurrencia y su capacidad para un crecimiento infiltrativo considerable lo califican como una lesión de mayor agresividad. Esta característica se debe a su revestimiento epitelial único, que produce queratina y tiene un potencial de crecimiento intrínseco. El queratoquiste puede expandirse a través de los espacios medulares del hueso, lo que explica su tendencia a la recurrencia incluso después del tratamiento [44].

La tomografía axial computarizada, al proporcionar una visualización tridimensional, permite una evaluación detallada de la extensión de estas lesiones, confirmando la sospecha diagnóstica inicial. Esta técnica avanzada de imagen revela con precisión la relación espacial del quiste con estructuras anatómicas adyacentes, como raíces dentales, senos maxilares y el nervio alveolar inferior [45].

La retención de dientes permanentes como consecuencia de quistes odontogénicos puede tener un impacto significativo en el desarrollo dental y en la alineación de los dientes. La presencia de estos quistes a menudo conduce a la ausencia de dientes permanentes, lo que puede afectar no solo la funcionalidad masticatoria, sino también la estética y la autoconfianza del paciente. Esta condición puede provocar maloclusiones, alteraciones en el crecimiento facial y problemas en la articulación temporomandibular [46].

Adicionalmente, la ausencia de sintomatología en muchos casos puede retrasar la detección temprana de estas lesiones, lo que podría complicar el tratamiento y prolongar el impacto negativo en el desarrollo dental. Los quistes odontogénicos, tales como el quiste dentígero y el queratoquiste odontogénico, a menudo no presentan síntomas hasta que alcanzan un tamaño considerable o se complican por una infección, lo que puede llevar a un diagnóstico tardío y a la necesidad de intervenciones más invasivas [47].

La falta de síntomas visibles puede dar lugar a un diagnóstico tardío, como ocurrió en el paciente presentado. Esta situación resalta la importancia de un seguimiento regular y la realización de radiografías periódicas en pacientes con riesgo de desarrollar quistes odontogénicos, especialmente en poblaciones pediátricas y adolescentes, donde el desarrollo dental se encuentra en una fase crítica. La identificación temprana de estos quistes no solo facilita un tratamiento más conservador, sino que también puede prevenir complicaciones a largo plazo y mejorar los resultados funcionales y estéticos para el paciente.

El tratamiento quirúrgico de quistes odontogénicos es fundamental para evitar complicaciones adicionales y promover la erupción de los dientes retenidos. La técnica de descompresión mediante la colocación de un tubo de látex tipo Penrose es una estrategia efectiva para reducir la presión sobre las estructuras dentales y facilitar la curación. Este método permite una reducción gradual del tamaño del quiste, minimizando el daño a estructuras anatómicas adyacentes [48].

La descompresión ofrece ventajas significativas en el tratamiento de lesiones quísticas. Principalmente, esta técnica logra una disminución gradual y efectiva del tamaño de la lesión, lo que facilita su manejo posterior. Esta reducción no solo simplifica procedimientos quirúrgicos subsecuentes, sino que también minimiza la morbilidad asociada a la enucleación. Al reducir el volumen del quiste, se disminuye considerablemente el riesgo de dañar estructuras anatómicas adyacentes durante la intervención quirúrgica definitiva. Esto es particularmente crucial en áreas anatómicamente complejas, donde la preservación de nervios, vasos sanguíneos y otros tejidos vitales es de suma importancia para mantener la función y estética del paciente.

La biopsia insicional realizada durante la cirugía permite confirmar el diagnóstico histopatológico y descartar la presencia de características malignas. Este procedimiento es crucial para determinar la naturaleza exacta del quiste. Además, la biopsia puede revelar variantes histológicas específicas o cambios celulares que podrían indicar un potencial de comportamiento más agresivo o recurrencia, información vital para el manejo a largo plazo del paciente [49].

La incisión precisa y la colocación óptima del tubo de drenaje son cruciales para una descompresión efectiva

del quiste. Estas técnicas garantizan una evacuación adecuada del fluido, reducen complicaciones y promueven una recuperación más rápida.

El manejo postoperatorio es crucial para prevenir infecciones y asegurar una recuperación óptima. El uso de antisepsia rigurosa, incluyendo la aplicación de clorhexidina gluconato, es necesario para minimizar el riesgo de infección en el área quirúrgica. Esta práctica es particularmente importante en la cavidad oral, donde la presencia constante de bacterias puede comprometer la cicatrización. La clorhexidina ha demostrado ser eficaz contra una amplia gama de microorganismos orales, proporcionando una protección duradera contra la colonización bacteriana en el sitio quirúrgico.

Además, se deben seguir rigurosamente las instrucciones de cuidado postoperatorio, como los lavados orales con solución salina después de cada comida, para mantener la higiene y promover la curación. Estos lavados no solo ayudan a eliminar restos de alimentos y bacterias, sino que también promueven la cicatrización al mantener un ambiente húmedo y limpio en la herida. La solución salina es bien tolerada por los tejidos orales y no interfiere con el proceso natural de curación

En pacientes pediátricos, la cooperación de los padres y la explicación detallada del procedimiento son esenciales para el éxito del tratamiento y la adherencia a las recomendaciones postoperatorias. Es crucial involucrar activamente a los padres en el proceso terapéutico, educándolos sobre la vital importancia del cuidado postoperatorio. Esto implica proporcionar instrucciones claras, detalladas y fácilmente aplicables (9).

Este caso subraya la importancia de una evaluación diagnóstica completa y el manejo quirúrgico adecuado de quistes odontogénicos. La integración de técnicas de imagen avanzadas, como la tomografía axial computarizada, en la práctica clínica permite una mejor planificación y ejecución del tratamiento. Estas herramientas proporcionan una visualización detallada de la extensión y relaciones anatómicas del quiste, facilitando un enfoque quirúrgico preciso y minimizando riesgos [50].

La educación del paciente y su familia sobre el procedimiento quirúrgico y el cuidado postoperatorio también juega un papel crítico en el éxito del tratamiento. Esta educación debe incluir explicaciones detalladas sobre la naturaleza del quiste, el procedimiento a realizar, los posibles riesgos y complicaciones, así como las expectativas realistas de recuperación. Además, es fundamental proporcionar instrucciones claras y por escrito sobre los cuidados postoperatorios, incluyendo la dieta, la higiene oral, y los signos de alerta que requieren atención médica inmediata. Este aspecto es especialmente relevante en la población pediátrica, donde la cooperación de los padres resulta crucial.

Finalmente, la implementación de protocolos estandarizados para la evaluación y el manejo de los quistes odontogénicos puede conducir a una atención más eficiente. Dichos protocolos deben incluir criterios para el seguimiento a largo plazo, considerando que la recurrencia de estos quistes puede ser considerable. Un monitoreo adecuado permite la detección temprana de recurrencias y la intervención oportuna, lo que mejora los pronósticos para los pacientes.

5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para la evaluación del tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales sobre los criterios que determinan el tratamiento descompresivo en queratoquistes odontogénicos. A partir de la aplicación del método propuesto en el caso de estudio fue posible demostrar la aplicabilidad del método.El tratamiento descompresivo ha demostrado ser una opción terapéutica altamente efectiva y mínimamente invasiva para el manejo del queratoquiste odontogénico.

La reducción gradual y significativa del tamaño del quiste, evidenciada a través de imágenes de seguimiento meticulosas, confirma la capacidad de esta técnica para disminuir la presión interna del quiste y promover su reducción volumétrica. Este enfoque no solo facilita la preservación de estructuras anatómicas vitales circundantes, sino que también minimiza el riesgo de complicaciones postoperatorias.

La clave del éxito radica en la selección juiciosa del enfoque de tratamiento, fundamentada en una evaluación clínica exhaustiva que considere las características individuales del paciente y las particularidades del quiste. Esta estrategia personalizada optimiza los resultados terapéuticos, mejora el pronóstico a largo plazo y contribuye significativamente a la calidad de vida del paciente, consolidando así el tratamiento descompresivo como una alternativa valiosa en el arsenal terapéutico para el manejo de esta patología.

Referencias

[1] J. Sánchez, J. Aguilar, K. Barreno, and P. Jinez, "Odontogenic keratocyst: diagnostic characteristics and conservative surgical treatment," *International Journal of Medical and Surgical Sciences,* vol. 8, no. 4, pp. 1-12, 2021.

[2] V. N. C. Aguilar, H. L. C. Colmenarez, J. G. B. Rangel, and Z. M. P. González, "Queratoquiste Odontogénico. Reporte de caso y revisión de la literatura," *Más Vita,* vol. 5, no. 3, pp. 24-39, 2023.

[3] S. Onodera, Y. Nakamura, and T. Azuma, "Gorlin syndrome: recent advances in genetic testing and molecular and cellular biological research," *International journal of molecular sciences,* vol. 21, no. 20, pp. 7559, 2020.

[4] J. A. O. Moreira, S. J. R. Quezada, and M. Molina-Barahona, "Técnicas para el tratamiento del queratoquiste, revisión de la literatura y presentación de un caso," *Revista Científica Odontológica,* vol. 11, no. 2, 2023.

[5] L. Velazque Rojas, C. Alonso Claudio, C. J. Valenzuela Huamán, and G. Velazque Rojas, "Diagnóstico y tratamiento conservador del queratoquiste odontogénico," *Odontoestomatología,* vol. 24, no. 39, 2022.

[6] M. E. C. Almache, M. F. T. Calle, M. P. P. Gavilanes, D. V. C. Yaguana, and J. D. C. Campoverde, "Queratoquiste Odontogénico de amplia dimensión: reporte de caso," *Research, Society and Development,* vol. 9, no. 12, pp. 43091211426-43091211426, 2020.

[7] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.

[8] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.

[9] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.

[10] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[12] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.

[13] J. L. G. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica,* vol. 8, no. 1, 2015.

[14] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.

[15] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.

[16] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[17] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.

[18] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[19] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[20] A. Rodríguez, J. C. P. Tarragó, D. L. D. Gálvez, and R. L. Pisco, "Modelo de formación constructivista en el proceso Enseñanza-Aprendizaje virtual," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 11, pp. 175-184, 2020.

[21] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.

[22] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[23] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[24] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[25] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[26] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[27] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[28] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, “Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI,” *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[29] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[30] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, “A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data,” *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[31] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[32] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, “Inteligencia artificial y propiedad intelectual,” *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[33] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, “Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador,” *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[34] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, “La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico,” *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[35] Author ed.^eds., “Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications,” *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[36] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[37] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, “Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos,” *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[38] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[39] C. Danienson, “Competencias docentes: desarrollo, apoyo y evaluación,” *Serie Documental de Preal*, no. No.51, 2011.

[40] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[41] V. S. Kumar, P. R. Kumar, P. K. Yadalam, R. V. Anegundi, D. Shrivastava, A. A. Alfurhud, I. T. Almaktoom, S. A. A. Alftaikhah, A. H. L. Alsharari, and K. C. Srivastava, “Machine learning in the detection of dental cyst, tumor, and abscess lesions,” *BMC Oral Health,* vol. 23, no. 1, pp. 833, 2023.

[42] A. B. R. Santosh, “Odontogenic cysts,” *Dental clinics,* vol. 64, no. 1, pp. 105-119, 2020.

[43] S. B. d. F. Martorelli, C. L. C. D. Leite, D. S. G. Leite, M. R. Barbosa, and L. A. L. d. Holanda, “Voluminoso quiste dentígero de mandíbula tratado en dos etapas quirúrgicas informe de caso,” *Odontoestomatología,* vol. 23, no. 37, 2021.

[44] C. Macedo, L. Altafin, S. Cavalieri-Pereira, G. BRANCHER, L. CAVALIERI-PEREIRA, G. PEDROSO-OLIVEIRA, C. MACEDO, L. ALTAFIN, and S. CAVALIERIPEREIRA, “Removal of odontogenic keratocyst in maxilla through the Le Fort I osteotomy,” *Int. J. Odontostomat,* vol. 14, no. 2, pp. 249-256, 2020.

[45] G. Raj, M. Raj, and J. S. P. Loh, “Pathophysiology and clinical presentation of odontogenic maxillary sinusitis,” *Dentistry Review,* vol. 2, no. 2, pp. 100044, 2022.

[46] O. Barros, V. G. D’Agostino, L. Lara Santos, R. Vitorino, and R. Ferreira, “Shaping the future of oral cancer diagnosis: advances in salivary proteomics,” *Expert Review of Proteomics,* vol. 21, no. 4, pp. 149-168, 2024.

[47] L. Etemad, S. Mehta, A. G. Lurie, and A. Tadinada, “Prevalence and Clinical Significance of Incidental Findings in the Maxillofacial Complex of Adolescent Orthodontic Patients: A Retrospective Cone Beam Computed Tomography Analysis,” *Cureus,* vol. 15, no. 10, 2023.

[48] M. Senthilmurugan, S. Periasamy, S. P. Kumar, and R. Thota, “Glandular odontogenic cyst: a diagnostic and management dilemma,” *Cureus,* vol. 13, no. 12, 2021.

[49] F. O. Oginni, N. Alasseri, O. M. Ogundana, B. A. Famurewa, A. Pogrel, and E. A. Al-Moraissi, “An evidence-based surgical algorithm for management of odontogenic keratocyst,” *Oral and Maxillofacial Surgery,* vol. 27, no. 2, pp. 201-212, 2023.

[50] E. A. Bilodeau, and K. D. Hunter, “Odontogenic and developmental oral lesions in pediatric patients,” *Head and neck pathology,* vol. 15, pp. 71-84, 2021.

Recibido: noviembre 20, 2024. Aceptado: diciembre 14, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025

University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación y control de efecto de abdomen obstructivo a causa de un vólvulo de sigma.

Neutrosophic method for the evaluation and control of obstructive abdominal effect due to sigmoid volvulus.

Icler Naun Sisalema Aguilar[1], Bolívar Fernando Mena Hidalgo[2], and Roberto Javier Aguilar Berrezueta [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de los Andes. Santo Domingo, Ecuador. E-mail: us.iclersisalema@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de los Andes. Santo Domingo, Ecuador. E-mail: us.bolivarmh22@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de los Andes. Santo Domingo, Ecuador. E-mail: us.robertoab26@uniandes.edu.ec

Resumen. El vólvulo se define como un giro del intestino sobre sí mismo, que puede provocar una obstrucción parcial o completa, dependiendo del grado de torsión. En el contexto de esta investigación, el objetivo es implementar un Método neutrosófico para la evaluación y control del efecto de abdomen obstructivo a causa de un vólvulo de sigma, una condición que típicamente se presenta en pacientes con un mesenterio corto y mínima fijación en el ángulo esplénico, generalmente con un giro de 360 grados. Esta complicación intestinal es una causa relativamente infrecuente de abdomen agudo, con una mortalidad que puede alcanzar hasta el 60% en casos complejos, siendo más prevalente en hombres de edad avanzada con autosuficiencia limitada. Los síntomas iniciales incluyen un cuadro oclusivo intestinal y alteraciones bioquímicas inespecíficas, con riesgos de sepsis o isquemia intestinal en situaciones avanzadas. Aunque el signo del "grano de café" es notable en radiografías simples, la tomografía axial computarizada se considera el estándar de oro para el diagnóstico. El tratamiento, que puede ser transitorio o definitivo, depende de un diagnóstico oportuno que permite considerar opciones endoscópicas y quirúrgicas; sin embargo, en casos de sepsis abdominal y compromiso hemodinámico, se requiere una intervención quirúrgica urgente, la cual presenta una tasa más alta de complicaciones.

Palabras Claves: método neutrosófico, obstrucción intestinal, vólvulo de sigma; isquemia; colostomía.

Abstract. Volvulus is defined as a twisting of the intestine on itself, which can cause partial or complete obstruction, depending on the degree of torsion. In the context of this research, the aim is to implement a neutrosophic method for the evaluation and control of the obstructive abdomen effect caused by a sigmoid volvulus, a condition that typically occurs in patients with a short mesentery and minimal fixation in the splenic flexure, generally with a 360-degree twist. This intestinal complication is a relatively rare cause of acute abdomen, with a mortality rate that can reach up to 60% in complex cases, being more prevalent in elderly men with limited self-sufficiency. Initial symptoms include an intestinal occlusive picture and nonspecific biochemical alterations, with risks of sepsis or intestinal ischemia in advanced situations. Although the "coffee bean" sign is noticeable on plain radiographs, computed tomography is considered the gold standard for diagnosis. Treatment, which may be temporary or definitive, depends on a timely diagnosis that allows consideration of endoscopic and surgical options; however, in cases of abdominal sepsis and hemodynamic compromise, urgent surgical intervention is required, which presents a higher rate of complications.

Keywords: neutrosophic method, intestinal obstruction, sigmoid volvulus; ischemia; colostomy.

1 Introducción

En el Ecuador existen varias patologías, que se convierten en verdaderos retos para llegar a su diagnóstico y así recibir un tratamiento efectivo y eficaz, dentro de los servicios de emergencias del país el dolor abdominal representa el 30 % de todos los casos presentados por los usuarios. El verdadero reto está en distinguir cual de

todos los cuadros de dolor abdominal representa una verdadera urgencia de resolución quirúrgica para los médicos cirujanos del país.

El abdomen obstructivo como su nombre lo indica o dice no es más que la interrupción del tránsito intestinal y la causa de la obstrucción puede ser diversa dentro de los cuales tenemos a las hernias, adherencias, neoplasias, vólvulos, como causa de abdomen digestivo. De esta manera el vólvulo como causa de abdomen obstructivo será objeto de revisión en estudio debido a la complejidad de importancia de presentación en el medio.

"Los vólvulos del tracto gastrointestinal siguen siendo una etiología importante del abdomen agudo, no por su frecuencia, sino por la gravedad de las complicaciones que conlleva, por lo cual es imperativo un diagnóstico precoz" Muciño et al. (2019). Los casos más frecuentes son los vólvulos de ciego y sigmoides. Si la circulación mesentérica se ve comprometida o la distensión colónica compromete la irrigación, se desarrolla isquemia que concluye en necrosis en caso de diagnóstico tardío con translocación bacteriana masiva y sepsis.

"El vólvulo independientemente del segmento colónico donde se produzca no es más que una rotación axial que se acompaña de una torsión del mesenterio y de sus vasos y habitualmente produce un cuadro de obstrucción intestinal" (Burgos y Acosta, 2019), en especial en pacientes mayores de 70 años de acuerdo a estadísticas mundiales.

2. Diseño del método para la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis

El método propuesto consta de tres procesos principales, selección de perfiles, evaluación de las alternativas y selección de la base de conocimiento del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento general del método propuesto.

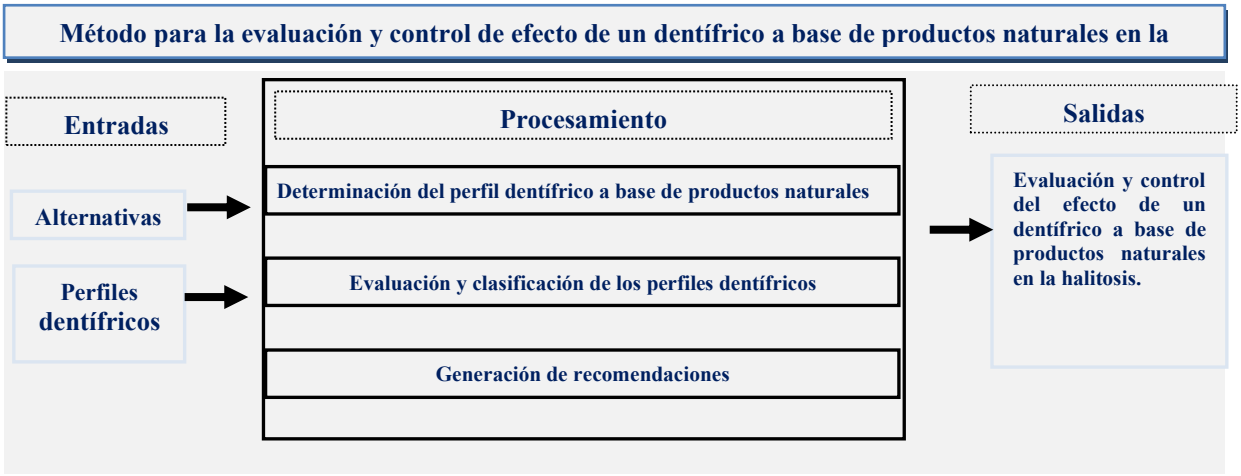

Figura1: Esquema general del funcionamiento del método para la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis

EL procesamiento del sistema se basa sobre la modelación de la incertidumbre mediante números neutrosóficos. La lógica neutrosófica (NL) es un armazón general para unificación de muchas lógicas existentes. Generaliza la lógica borrosa (especialmente la lógica intuicionista borrosa). La idea importante de NL es caracterizar cada declaración lógica en un espacio 3D neutrosófico, donde cada dimensión del espacio representa la verdad (T) respectivamente, la falsedad (F), y indeterminación (I) de la declaración baja consideración, donde T, I, F son estandarte o no estandarte real subconjunto de [-0, 1+] [[7], [8].

La unidad de intervalo clásico [0,1] se puede usado. T,I,F son componentes independientes dejando espacio para información incompleta (cuando la suma superior <1); para consecuente e información contradictoria; (cuando el suma superior >1) o información completa (suma de componentes =1)[9], [10], [8].

Los conjuntos neutrosóficos son una generalización de conjunto borroso (espacialmente de conjunto intuicionístico borroso). Deja ser U, un universo de discurso, y M un conjunto incluido en U. Un elemento x de U es notado en respeto del conjunto M como x(T, I, F) y pertenece a M en el modo siguiente: Es t% verdad en el conjunto, i% indeterminante (desconocido si sea) en el conjunto, y f% falso, donde t varia en T, i varia en I, f varia en F [11], [12].

Estadísticamente T, I, F son subconjuntos, pero dinámicamente T, I, F son funciones u operaciones dependiente de muchos parámetros desconocidos o conocidos [9], [13].

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica a un problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta los conjuntos neutrosóficos de valor único [14] (SVNS por sus siglas en inglés) los cuales

permiten el empleo de variable lingüísticas [15] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación.

Sea X un universo de discurso.Un SVNSA sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \tag{1}$$

donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$.

2.1 Descripción del flujo de trabajo del método para la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis

El método está basado fundamentalmente en la propuesta de Cordón para sistemas de recomendación basados en conocimiento [16, 17], [18], permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [19-21]. La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta de método para la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis.

1. Creación de la base de datos con los perfiles de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis

Cada una de las infecciones a_i será descrita por un conjunto de características que conformarán el perfil de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{2}$$

Este perfil puede ser obtenido de forma directa a partir de los algoritmos computacionales o a partir de la base de datos que nutre el funcionamiento del sistema propuesto [22, 23], [6, 24, 25]:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{3}$$

Las valoraciones del efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN[26, 27]. Para esto los términos lingüísticos a emplear son definidos [28-31].

Una vez descritas las evaluaciones del efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis que representan las alternativas:

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{4}$$

Los perfiles son guardados en una base de datos para su posterior recuperación.

2. Obtención del perfil de de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis

En esta actividad se determina la información de los perfiles de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{5}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan el efecto dentífrico a base de productos naturales en la halitosis.

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{6}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante ejemplo o mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [32].

3 Filtrado de los perfiles de control epidemiológico

En esta actividad se filtran los perfiles de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuadas según las características presentes [33-35].

Con este propósito se calculada la similitud entre el perfil de los pacientes, P_e y cada perfil disponible $a_j$registrado en la base de datos. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{7}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis y los almacenados, a_j[36].

4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis y los almacenados en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representados por el siguiente vector de similitud [37, 38].

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{8}$$

La mejor recomendación serán aquellas que mejor satisfagan las necesidades del perfil óptimo, o sea, que presente mayor similitud.

3 Implementación del método propuesto

La presente sección describe la implementación del método propuesto para la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis. La investigación es un estudio piloto que tuvo un enfoque cuantitativo experimental ya que se medirá el nivel de pH en adultos en 3 situaciones diferentes después de levantarse, utilizando pasta convencional y la nueva pasta creada, en un corte de tiempo de 2 horas a cada situación, recalcando que entre cada corte hubo un snack para que pueda volver a contaminar la placa dental.

Población: Personas que trabajan en el municipio del cantón Píllaro.

Muestra: Se eligió a 10 personas que laboran en el departamento administrativo del municipio del cantón Píllaro.

Parámetros de selección **Criterios de inclusión:**

Edades de 40 y 60 años,
Pacientes con prótesis fijas o removibles
Pacientes de género masculino y femenino

Criterios de exclusión

Pacientes con prótesis totales
Pacientes con ortodoncia
Pacientes con prótesis parciales.
Pacientes con periimplantitis.
Pacientes con ortodoncia
Pacientes con traumatismos dentales.

A su vez mediante el estudio se determinó las características del pH en cada uno de los colaboradores de la prueba, mediante el registro de aspectos relevantes para la investigación.

Tabla 1. Situaciones a las cuales se expondrán los diferentes colaboradores

Primeras horas	Dos horas después de la primera muestra	Dos horas después de la segunda muestra
Se tomará una muestra de saliva antes del desayuno.	Se tomará una muestra de saliva después de haber ocupado un dentífrico comercial.	Se tomará la última muestra de saliva, después de utilizar el dentífrico casero.

Se tomó la decisión de hacer un plan piloto con 10 personas, a las cuales se les realizó 3 pruebas diferentes, la primera muestra al levantarse y las siguientes después de haberse haber ocupado los diferentes dentífricos.

De esta forma intentando ver la eficacia en cada uno de los participantes, ya que después de la ingesta de alimentos nuestro pH se vuelve ácido y con el lavado bucal ayudamos a mejor nuestro pH en boca.

En todas las pruebas las personas ingirieron alimentos, para de esta manera ver la eficacia del producto de una manera más clara.

Para realizar el cepillado se utilizó la técnica de Bass, la cual fue previamente explicada a cada uno de los participantes para que sea realizada de una manera correcta para no tener ninguna alteración en los resultados. El cepillado se realizó por un tiempo de 2 minutos.

A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3\}$$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 2). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados [39].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 3 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 3: Base de análisis del estudio.

Tabla 4. Medición del pH oral en 3 instantes diferentes					
Alternativa	**EDAD**	**SEXO**	**C1: AL LEVANTARSE**	**C:2 CON PASTA NORMAL**	**C:3 CON PASTA CREADA**
1	36	MASCULINO	Buena(B)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
2	61	MASCULINO	Buena(B)	Muy buena (MB)	Buena(B)
3	41	MASCULINO	Muy buena (MB)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
4	55	MASCULINO	Medianamente buena (MDB)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
5	43	FEMENINO	Medianamente buena (MDB)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
6	44	MASCULINO	Buena(B)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
7	46	FEMENINO	Buena(B)	Muy muy buena (MMB)	Muy muy buena (MMB)
8	39	FEMENINO	Buena(B)	Muy buena (MB)	Muy muy buena (MMB)
9	46	FEMENINO	Medianamente buena (MDB)	Muy muy buena (MMB)	Muy muy buena (MMB)
10	55	MASCULINO	Muy buena (MB)	Muy buena (MB)	Muy buena (MB)

Si un especialista del sistema de salud u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando sus perfiles de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{B}, \mathrm{MMB}, \mathrm{MMB}\}$$

Siguiente paso en nuestro ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis y los perfiles almacenada en la base de datos.

Tabla 4: Similitud entre los perfiles de valuación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis y el perfil almacenados.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
0.66	0.10	0.33	0.10	0.15	0.55	0.95	0.70	0.85	0.10

En la fase de recomendación se recomendará aquel perfil que más se acerquen al perfil de evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_7, a_9, a_8, a_1, a_6, a_3, a_5, a_2, a_4, a_{10}\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos casos más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_7, a_9$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_7$$

4 Discusión

El nuevo dentífrico en comparación con los que existen en el mercado, ha creado propiedades que no solo ayudan a estabilizar el pH reduciendo así la halitosis, sino que además presenta propiedades desinflamatorias, destacando que este, está elaborado a base de productos naturales (cáscara de mandarina) en casa y con muy bajos costos ayudando así a las personas de escasos recursos.

En el estudio actual se realizó la medición de pH, siendo que si este tiene un nivel acido presenta halitosis, la medición fue realizada en 3 etapas al levantarse, usando la pasta convencional y la pasta creada a base de productos naturales, para comprobar si existe algún cambio en el nivel de acidez de la muestra para combatir la halitosis.

En el estudio de Yesenia Campoverde realizado en 2015 se comprobó que es posible elaborar un enguaje bucal a base de hiervas aromáticas dando como resultado sus propiedades, antioxidantes, además de antimicrobianas puesto que ayudo a disminuir el pH ácido convirtiéndolo a un pH más neutro actuando como barrera para la inhibición de microorganismos [5].

En la Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, sé realizó un estudio comparando la actividad antimicrobiana de tres tipos de aceites esenciales de: Eucalipto (Eucalyptus), cáscara de limón (Citrus limón) y mandarina (Citrus Reticulata), mediante la microdilución en caldo colorimétrico, cómo resultado de este estudio la mandarina se destacó por sus propiedades antibacterianas y anti-fungicidas, teniendo capacidad inhibitoria para bacterias como Eschericha coli y Streptococcus mutans [40].

En este estudio también se contradice la afirmación de McNamara en 2008 que dice que el pH acido impide la formación de halitosis, y que un pH alcalino o neutro favorece a la aparición de compuestos volátiles de sulfuro, puesto que en este estudio queda demostrado que existe presencia de halitosis mientras exista un pH acido y al aumentar este hasta llegar a un pH alcalino ayuda a reducir (CVS) [41].

En la investigación de Chafla N resalta que una de las ventajas de usar plantas medicinales utilizadas como analgésicos y antiinflamatorios es que puede ser utilizada sin ningún riesgo a niños, personas de la tercera edad, embarazadas, lactancia sin presentar algún tipo de efecto secundario ya que tienen un 60% de efectividad de acuerdo con esta investigación [42].

Estas plantas son fármacos de origen natural y ancestral usados para diversos ámbitos, entre ellos los problemas vocales, hay varias formas de uso como: tópica, por medio de enjuagues, ingiriendo la infusión, vaporizaciones y cataplasmas, tenemos a la manzanilla, se utiliza de forma oral, actúa sobre la placa dentobacteriana principal factor de riesgo de la enfermedad periodontal, entre muchas otras plantas que también favorecen en la solución de diversos problemas [43].

Con el tema Prácticas sociales en la terapia bucal no convencional en los habitantes se realizó unas entrevistas a varias personas de las cuales el 80% eran mujeres de edades entre los 30 a 70 años muy importantes ya que son personas originarias de estos pueblitos, como resultados tenemos que el 16% de las personas entrevistadas continúa usando tratamientos no convencionales entre ellos: las gotas de alcohol, el esmalte, buches de aguardiente, lavados con hierbas, entre otras [44].

Los remedios naturales en la prevención y cuidado de la salud oral de los tobas del Chaco Central, mediante la documentación de la farmacopea natural (vegetal y animal) en el uso oral, gracias a una entrevista a las tobas del Chaco Central (Argentina), cada remedio natural tiene su respectivo porcentaje de usos en el área vocal: plantas un 60%, hongos un 10% y animales tanto vertebrado como invertebrados un 30% siendo encabezando la lista la planta más usada es la liana “Clematis montevidensis” [45].

5 Conclusión

Con la implementación del método propuesto fue posible la evaluación y control de efecto de un dentífrico a base de productos naturales en la halitosis. Se obtiene una evaluación a partir del conjunto de criterios definidos donde se pudo evaluar el efecto dentífrico.

Luego de realizar la evaluación correspondiente a la efectividad en el tratamiento de halitosis utilizando productos naturales se evidencia que los ingredientes usados en el dentífrico fueron un éxito ya que lograron un 9

pH después de la pasta volviéndole este mismo alcalino. El aceite de coco tiene una poderosa acción para matar las bacterias que se acumulan en la boca y dientes. Este mismo podría ser una de las soluciones para reducir la tasa de población con caries dental, puesto que, equilibra el pH. Las hierbas medicinales juegan un papel muy importante en este experimento, ya que además de que nos ayudan a aliviar el mal aliento, también combaten la bacteria que causa halitosis en la boca.

Referencias

[1] C. A. Zambrano Arteaga, "Enfoque multidisciplinario de la halitosis dental," Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología, 2021.

[2] D. V. Messadi, and F. S. Younai, "Halitosis," *Dermatologic clinics,* vol. 21, no. 1, pp. 147-155, 2003.

[3] E. R. Pan, and M. A. T. Moreno, "Dolor torácico en varón joven," *Atención Primaria,* vol. 12, pp. 655-7, 2002.

[4] L. C. Gluckstein, M. C. M. Pabón, and L. M. Cadavid, "EFECTO DEL DENTRÍFICO COLGATE TOTAL SOBRE EL CRECIMIENTO DEL STREPTOCOCO mutans," *CES Odontología,* vol. 10, no. 2, 1997.

[5] Y. C. Vera, D. C. V. Castillo, and B. C. S. Hincapié, "Elaboración de un enjuague bucal a base de hierbas aromáticas (Preparation of a mouthwash based on aromatic herbs)," *Alimentos Hoy,* vol. 23, no. 36, pp. 179-185, 2015.

[6] C. Sin, M. Britos, E. Chamorro, M. Cáceres, D. Fernández, and S. Ortega, "Aceites esenciales con actividad antibacteriana: posible aplicación y administración en odontología," *Odontología Vital*, no. 35, pp. 32-43, 2021.

[7] F. Smarandache, "A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141: American Research Press, 1999.

[8] F. Smarandache, and S. Pramanik, *New trends in neutrosophic theory and applications*: Infinite Study, 2016.

[9] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[10] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.

[11] O. Mar, I. Santana, and J. Gulín, "Algoritmo para determinar y eliminar nodos neutrales en Mapa Cognitivo Neutrosófico," *Neutrosophic Computing and Machine Learning,* vol. 8, pp. 4-11, 2019.

[12] F. Smarandache, and T. Paroiu, *Neutrosofia ca reflectarea a realității neconvenționale*: Infinite Study, 2012.

[13] J. González, and O. Mar. "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," No.1, Vol.8; https://www.redib.org/recursos/Record/oai_articulo983540-algoritmo-clasificacion-genetica-generacion-reglas-clasificacion.

[14] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[15] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[16] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[17] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[18] O. Mar-Cornelio, I. Santana-Ching, and J. González-Gulín, "Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control," *Revista científica,* vol. 3, no. 36, 2019.

[19] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[20] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[21] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[22] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[23] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[24] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[25] M. L. Vázquez, J. Estupiñan, and F. Smarandache, "Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas," *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101,* vol. 14, pp. 01-08, 2020.

[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[27] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[28] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[29] V. V. Falcón, B. S. Martínez, J. E. Ricardo, and M. Y. L. Vázquez, "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S3, pp. 70-78, 2021.

[30] J. Ricardo, A. Fernández, and M. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science*, pp. 151-159, 2022.

[31] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[32] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.

[33] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[34] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[35] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[36] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.

[37] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[38] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[39] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[40] F. E. ARGOTE-VEGA, Z. J. SUAREZ-MONTENEGRO, M. E. TOBAR-DELGADO, J. A. PEREZ-ALVAREZ, A. Hurtado-Benavides, and J. Delgado-Ospina, "Evaluation of the inability capacity of essential oils in Staphylococcus aureus and Escherichia coli," *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,* vol. 15, no. spe2, pp. 52-60, 2017.

[41] J. Mariel Cárdenas, J. M. Guijarro Bañuelos, W. Sánchez Meraz, H. Mariel Murga, G. Mariel Cárdenas, M. E. Navarro Rincón-Gallardo, and F. J. Gutiérrez Cantú, "Estudio transversal comparativo de la relación maxilo-mandibular de McNamara aplicadas a sujetos mexicanos," *International Journal of Morphology,* vol. 34, no. 2, pp. 454-459, 2016.

[42] N. V. Chafla Bucay, "Plantas medicinales utilizadas como analgésicos y antiinflamatorios en Odontología," Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología., 2015.

[43] J. Waizel-Bucay, and I. M. M. Rico, "Plantas empleadas en odontalgias I," *Revista de la Asociación Dental Mexicana,* vol. 64, no. 5, pp. 173-186, 2007.

[44] Y. Alzate-Naranjo, A. Rincón-Echeverri, M. Vargas-González, L. Vásquez-Cossio, and A. A. Agudelo-Suárez, "Prácticas sociales en la terapia bucal no convencional en los habitantes de una zona rural de Medellín (Colombia)," *CES Odontología,* vol. 28, no. 1, pp. 11-19, 2015.

[45] G. J. MARTÍNEZ, "Los remedios naturales en la prevención y cuidado de la salud oral de los tobas del Chaco Central (Argentina)," *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas,* vol. 9, no. 2, pp. 109-122, 2010.

Recibido: noviembre 21, 2024. Aceptado: diciembre 15, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor.

Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of law student's reflective and ethical abilities induced by a tutor.

Ned Vito Quevedo Arnaiz[1], Nemis García Arias[2], and Cristian Fernando Benavides Salazar[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.nedquevedo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.nemisgarcia@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.cristianbenavides@uniandes.edu.ec

Resumen. En la universidad, la formación del profesional se integra con la educación investigativa, ética y ciudadana, contribuyendo a la reflexión y desarrollo educativo del estudiante. Sin embargo, la carga de estudio a menudo hace que los estudiantes no reflexionen en la medida en que deberían. Esta investigación tuvo como objetivo implementar un Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho, inducidas por un tutor. Se analizan los aspectos de la formación integral del estudiante en su desarrollo como jurista, enfocándose en su capacidad de valoración ética y reflexiva ante las influencias ejercidas por el docente tutor durante la investigación estudiantil. Este enfoque permitió recopilar información sobre las características éticas de los docentes, lo que facilitó un análisis profundo sobre su comportamiento y su impacto en la investigación estudiantil. Los resultados obtenidos revelaron cómo la conducta del tutor puede incidir en la creación de capacidades reflexivas y éticas en los estudiantes, lo que es esencial para su formación profesional integral. Así, la implementación del método propuesto no solo busca facilitar el proceso educativo, sino también fortalecer el desarrollo ético y reflexivo de los futuros juristas, asegurando su preparación para enfrentar los desafíos del ejercicio profesional.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, formación del profesional, formación ética, capacidades reflexivas y éticas, influencias del tutor

Abstract. At the university, professional training is integrated with research, ethical and civic education, contributing to the student's reflection and educational development. However, the study load often causes students not to reflect to the extent they should. This research aimed to implement a multi-criteria neutrosophic method for the evaluation of the reflective and ethical capacities of law students, induced by a tutor. The aspects of the comprehensive training of the student in their development as a jurist are analyzed, focusing on their capacity for ethical and reflective assessment in the face of the influences exerted by the tutor during student research. This approach allowed collecting information on the ethical characteristics of teachers, which facilitated an in-depth analysis of their behavior and its impact on student research. The results obtained revealed how the tutor's behavior can influence the creation of reflective and ethical capacities in students, which is essential for their comprehensive professional training. Thus, the implementation of the proposed method not only seeks to facilitate the educational process, but also to strengthen the ethical and reflective development of future lawyers, ensuring their preparation to face the challenges of professional practice.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, professional training, ethical training, reflective and ethical capacities, tutor influences

1 Introducción

Si en el proceso investigativo el hombre busca la verdad y el nuevo conocimiento sobre su entorno, la investigación está determinada por lo que realice el ser humano como investigador de su realidad, y aquellos principios éticos que conduzcan al investigador a fundamentar dicho conocimiento y su comportamiento en busca de su verdad y el bien común en sus resultados [1].

Toda actividad humana conlleva un análisis ético [2] en el que se analice los intereses y valores que tienen dicha actividad para el hombre en su comportamiento adecuado. Por ello, la actividad investigativa también requiere de un análisis ético que le permita impulsar formas y conductas de beneficios sociales y de interés para toda una comunidad, en este caso la comunidad investigativa.

La investigación además va formando a los futuros profesionales con competencias para su profesión [3] y en ese código ético que en cada ciencia deberá respetar para considerarse que su resultado sea bueno como profesional. Por ello, la formación del profesional se realiza mediante la creación de competencias para que el estudiante universitario se realice de manera ética [4, 5].

En el artículo 27 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) en el capítulo segundo dedicado a los derechos del buen vivir, en la sección quinta sobre la educación, se plantea la esencia del carácter ético qué tiene la educación en general para con sus ciudadanos y expresa que:

> La educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar. La educación es indispensable para el conocimiento, el ejercicio de los derechos y la construcción de un país soberano, y constituye un eje estratégico para el desarrollo nacional.

Como se expresa ese desarrollo holístico, ese respeto a los derechos, esa equidad, justicia, o solidaridad, junto a ese sentido crítico y posibilidades para crear tiene que ser bajo una ética común que conduce a la construcción de la soberanía del país y también la de cada persona. La educación pues cumple el rol de construir hombres y el país, y hacerlos reflexionar sobre los aspectos esenciales que se reflejan en la Constitución.

Si se entiende por formación el proceso que busca una orientación hacia el desarrollo integral de un individuo [6] mediante un proceso educativo que lo dirija a un resultado integral de preparación en sus aprendizajes para modificar su entorno y asumir con coherencia formas de comportamiento social acorde al tiempo en que vive, entonces al hombre también se representa en una concepción ética del momento y lugar al que pertenece.

Cuando no se obtienen resultados satisfactorios se buscan las causas que los generan, entre ellos cobra interés la reflexión del estudiante para lograr sus aprendizajes, sobre todo como en el caso de la Universidad Regional Autónoma de los Andes en que se necesita lograr un profesional que desarrolle su ética con el uso de los códigos de su profesión y su consistencia lógica en todo su accionar.

Por ello en la universidad la formación del profesional va de la mano de la formación investigativa, ética o ciudadana, porque todas ellas forman parte de la integralidad que necesita un profesional para el lugar y el tiempo en que vive [7], pero, para ejercer y sustentar su práctica profesional debe tener un ejemplo a seguir que le indique cómo alcanzar sus capacidades, habilidades y competencias.

La capacidad de reflexionar es intrínseca al ser humano porque se trata de funciones psíquicas con las que cada individuo puede valorar su estado mental y psíquico o el de otras personas, pero esta se desarrolla cuando interactúa con otros y llega a entender el entorno que rodea sus pensamientos y emociones. Pero, en muchas ocasiones la misma responsabilidad de estudio que debe tener el estudiante hace pensar que no reflexiona como debería.

Por ello cabe preguntarse varias interrogantes, en el marco universitario, para que el estudiante alcance su formación integral ¿Cómo será la capacidad de reflexionar en los estudiantes que siguen un patrón ético consecuente con su profesión? ¿Cuáles serán las características éticas fundamentales que asimilan del tutor en la realización de sus investigaciones? ¿Qué interés guarda la reflexión como proceso de formación en estudiantes que en breve serán profesionales? Para ello en la presente investigación se ha asumido que el estudiante es capaz de tener una enunciación retrospectiva de su comportamiento y del origen de su formación ética en el análisis de su formación integral.

Esta investigación por tanto ha trazado como objetivo, implementar un Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor.

2 Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor. El funcionamiento está guiado por un flujo de trabajo de tres actividades [8, 9]. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico. La figura 1 muestra las actividades fundamentales del método propuesto.

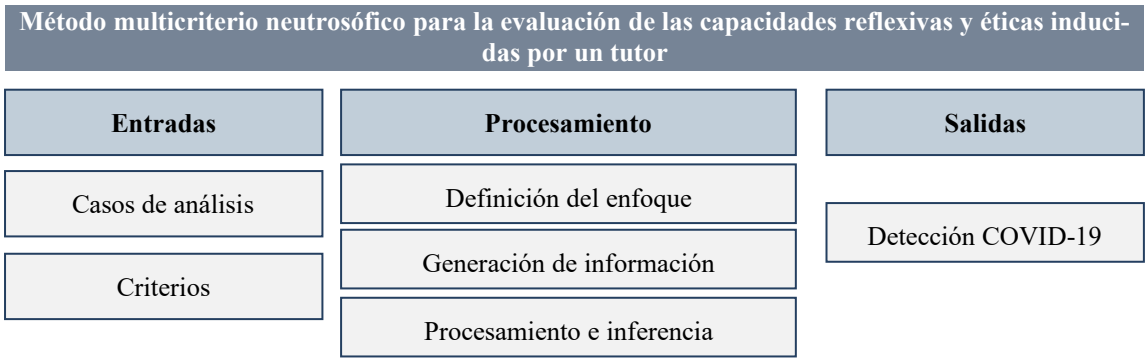

Figura 1: Representación del método propuesto.

El método está diseñado para soportar el flujo de trabajo sobre la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas inducidas por un tutor. Consta de las siguientes actividades: definición del enfoque, generación de información, y procesamiento e inferencia [10]. A continuación se describen las diferentes etapas del método:

1. Definición del enfoque

En esta etapa, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas inducidas por un tutor. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, , e_n\}, (n > 2)$ un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, , ti_m\}, (m > 2)$ un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, , c_k\}, (k > 2)$ un conjunto de criterios que caracterizan las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores a los estudiantes de derecho.

Se utiliza un marco de información heterogéneo [11]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno neutrosófico [12, 13]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las informaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \left\{p_{j1_1}^i, , p_{jh}^i\right\} \quad (1)$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

La etapa obtiene las informaciones que son de necesidad para el procesamiento de las inferencias, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento y la inferencia de las informaciones en función de obtener las recomendaciones sobre las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores a los estudiantes de derecho.

3. Procesamiento e inferencia

La etapa de procesamiento e inferencia es la encargada de, a partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, realizar la evaluación lingüística colectiva que sea interpretable para evaluar las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores a los estudiantes de derecho. Para ello, la información es unificada y agregada. A partir del procesamiento se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

A 2TLNNS se define como [14]:

A partir de $S = \left\{s_0, , s_g\right\}$ que representa una 2TLSs con cardinalidad impar t + 1.

Se define para $(S_t, a\ ), (S_i, b\ ),\ (S_f, c\ ) \in L$ y a,b,c ∈ [0, t], donde $(S_t, a\ ), (S_i, b\ ),\ (S_f, c\ ) \in L$ expresan independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSs.

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \left\{(S_t, a\ ), (S_i, b\ ), (S_f, c\ )\right\} \quad (2)$$

Donde:

$$0 \leq \Delta^{-1}(St_j, a) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(Si_j, b) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(Sf_j, c) \leq t$$

$$0 \leq \Delta^{-1}(St_j, a) + 0 \leq \Delta^{-1}(Si_j, b) + 0 \leq \Delta^{-1}(Sf_j, c) \leq 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [15].

Sea

$l_1 = \{(St_1, a), (Si_1, b), (Sf_1, c)\}$ a

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l^{-1} se define como:

$$S(l1) = \Delta\left\{\frac{2t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Si_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{3}\right\}, \Delta^{-1}\big(s(l_1)\big) \in [0, t] \quad (3)$$

$$H(l1) = \Delta\left\{\frac{t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{2}\right\}, \Delta^{-1}\big(h(l_1)\big) \in [0, t] \quad (4)$$

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

a) Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T) .
b) Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $F(S_T)$.
c) Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis.

El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores a los estudiantes de derecho.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor [16]. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max\{(r_l, a_j), = 1,2,, n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

3 Resultados y discusión

La presente sección, describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor. Se realizó un estudio de caso aplicado estudiantes en un semestre docente en UNIANDES, Santo Domingo. Abarcó el período de mayo a septiembre de 2023. El objetivo consistió en determinar las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores a los estudiantes de derecho. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Definición del enfoque

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por:

$\mathrm{E} = \{\mathrm{e}_1, .., \mathrm{e}_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

Para la implementación del Método multicriterio neutrosófico en la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor, se contó con un panel de tres expertos en el área de educación jurídica. Cada uno de los miembros del panel aportó una amplia experiencia en el ámbito académico y profesional. El primer experto es un profesor universitario con más de 15 años de experiencia en la enseñanza del derecho y una sólida trayectoria en investigación educativa. El segundo experto cuenta con un enfoque en ética profesional y ha trabajado en diversas iniciativas de formación docente, aportando su perspectiva crítica sobre la influencia de los tutores en la formación de los estudiantes. El tercer miembro del panel es un abogado con amplia práctica en el ejercicio del derecho, quien ha participado en programas de formación y desarrollo de competencias éticas en futuros juristas. La combinación de sus conocimientos y experiencias diversas permitió una evaluación integral y enriquecedora de las capacidades reflexivas y éticas inducidas por los tutores en los estudiantes de derecho. Estos expertos realizaron la evaluación de los criterios:

$\mathrm{Ps} = \{\mathrm{Ps}_1, \ldots, \mathrm{Ps}_6\}$, de 6 Casos de análisis

A partir de la valoración de los criterios

$\mathrm{C} = \{\mathrm{c}_1, \ldots, \mathrm{c}_7\}$ los cuales conforman los 7 criterios valorativos.

La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para la evaluación.

No	Criterio
1	Competencia ética del tutor: Este criterio evalúa el nivel de formación y la práctica ética del tutor, considerando su capacidad para modelar comportamientos éticos en los estudiantes.
2	Estilo de tutoría: Se analiza el enfoque del tutor en su relación con los estudiantes, incluyendo su capacidad para fomentar un ambiente de reflexión crítica y apertura al diálogo.
3	Influencia en la toma de decisiones éticas: Este criterio examina cómo el tutor impacta la habilidad del estudiante para identificar y tomar decisiones en situaciones éticamente desafiantes.
4	Desarrollo de pensamiento crítico: Se valora la capacidad del tutor para fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes, lo que es esencial para el análisis reflexivo de situaciones legales y éticas.
5	Facilitación de la reflexión personal: Este criterio evalúa cómo el tutor promueve la autoevaluación y la reflexión en los estudiantes sobre su propio comportamiento y valores éticos.
6	Comunicación de valores: Se analiza cómo el tutor comunica e integra valores éticos y profesionales dentro de la enseñanza, influenciando así la formación de los estudiantes.
7	Impacto en la identidad profesional: Este criterio aborda cómo el tutor contribuye a la formación de la identidad profesional del estudiante, enfocándose en la internalización de valores éticos y la conciencia del rol del jurista en la sociedad.

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

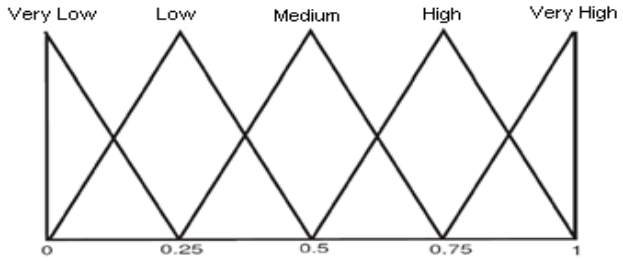

Figura 2. Dominio de Selección S_T.

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística siguiente con números neutrosóficos de valor único propuestas en la Tabla 2 [17].

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T.

Tabla 3: Presentación de los resultados.

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_2	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]
c_3	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]
c_4	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]
c_5	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_6	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]
c_7	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas.

A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis. Para el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA a partir de los datos referidos por para cada experto [19]. En este caso los vectores de ponderación W=(0.3, 0.9, 0.6, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9).

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	[0.3, 0.9, 0.6, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9]
Ps_2	[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9]
Ps_3	[0.9, 0.9, 0.6, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9]
Ps_4	[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9]
Ps_5	[0.8, 0.7, 0.9, 0.6, 0.6, 0.9, 0.9]
Ps_6	[0.8, 0.6, 0.9, 0.6, 0.6, 0.9, 0.9]

Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación V= [0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9] de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los casos de análisis.

[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9]	Ps_4
[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9]	Ps_2
[0.9, 0.9, 0.6, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9]	Ps_3
[0.8, 0.6, 0.9, 0.6, 0.6, 0.9, 0.9]	Ps_6

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación.

[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9]	Ps_4
[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9]	Ps_2
[0.9, 0.9, 0.6, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9]	Ps_3

En el estudio de caso, la clasificación de los casos de análisis quedó recomendada como sigue:

$Ps_4 < Ps_2 < Ps_3$, siendo este el orden de casos con más probabilidades de desarrollar las capacidades reflexivas y éticas a partir del desempeño de su tutor.

Adicionalmente, se aplicó una encuesta a 25 estudiantes de la propia institución objeto de estudio, los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la encuesta aplicada.

Pregunta	1 (Nunca)	2 (Rara vez)	3 (Algunas veces)	4 (Casi siempre)	5 (Siempre)	Media
1 ¿En qué grado considera que sus docentes son ejemplos de comportamiento ético profesional?	0	1	4	8	12	4.24
2 ¿Con qué frecuencia consulta al tutor investigativo cuando conduce su investigación?	0	2	6	9	8	3.92
3 ¿Reflexiona sobre las explicaciones del tutor para utilizar los métodos científicos?	0	1	5	7	12	4.20
4 ¿Tiene la posibilidad de intercambiar información con el tutor sin sentir que utiliza un tono sancionador?	1	3	7	8	6	3.64
5 ¿El docente muestra respeto hacia la participación del estudiante en clase?	0	1	3	9	12	4.28
6 ¿El tutor ofrece ayudas sin imposiciones y respeta la privacidad e integridad del estudiante?	0	2	4	8	11	4.12
7 ¿En qué medida aprende de los errores sin que esto genere conflictos éticos?	0	1	6	10	8	4.00
8¿Considera que la evaluación contribuye a la formación de v alores éticos en el grupo?	0	2	5	9	9	4.00
9 ¿El docente valora de manera justa el avance en el trabajo investigativo?	0	2	6	7	10	4.00

La mayoría de los estudiantes (80%, entre Casi siempre y Siempre) perciben a los docentes como modelos de comportamiento ético. Este resultado refleja que los docentes no solo enseñan contenidos académicos, sino que también proyectan valores y actitudes que influyen positivamente en el desarrollo ético de los estudiantes. Solo una minoría (4%) percibe que los docentes rara vez cumplen con este rol, lo que podría estar relacionado con experiencias específicas o percepciones individuales.

Asimismo, el 68% de los estudiantes consulta regularmente al tutor para guiar su investigación, lo que evidencia una relación de confianza y el reconocimiento del docente como un recurso valioso. Sin embargo, un 32% consulta Rara vez o Algunas veces, lo que puede indicar la necesidad de reforzar el acompañamiento docente para fomentar una mayor interacción en los procesos investigativos.

Un 76% de los estudiantes reflexiona frecuentemente sobre las explicaciones del tutor, lo que demuestra una actitud activa hacia el aprendizaje y la aplicación de métodos científicos. Esto sugiere que los docentes logran transmitir conocimientos de manera comprensible y significativa. Sin embargo, un pequeño porcentaje (4%) tiene dificultades en este aspecto, lo que podría reflejar limitaciones en su comprensión o en la claridad de las explicaciones del tutor.

Aunque un 56% de los estudiantes señala que Casi siempre o Siempre siente libertad para intercambiar información con el tutor sin percibir un tono sancionador, un 44% tiene una percepción menos positiva. Esto podría ser indicativo de la persistencia de prácticas educativas tradicionales donde la comunicación puede percibirse como jerárquica, lo cual afecta la confianza en el intercambio académico.

Por otro lado, el 84% de los estudiantes valora positivamente el respeto del docente hacia su participación, lo que refleja un ambiente inclusivo y de respeto en las clases. Esto fomenta una dinámica en la que los estudiantes se sienten escuchados y valorados, contribuyendo a la formación de una ética colaborativa y democrática.

Un 76% de los estudiantes considera que el tutor ofrece apoyo respetando su privacidad e integridad, lo que fortalece la relación entre docente y estudiante. Sin embargo, el 24% restante que tiene percepciones menos positivas podría estar asociado a experiencias específicas donde las ayudas fueron percibidas como impositivas o invasivas.

El 72% de los estudiantes valora el aprendizaje basado en errores como un proceso que no genera conflictos éticos, lo que demuestra un enfoque positivo hacia la retroalimentación. Esto sugiere que los docentes están fomentando una cultura de mejora continua, donde los errores se ven como oportunidades de aprendizaje en lugar de motivo de sanción. Igualmente, un 72% de los estudiantes percibe que la evaluación contribuye a la forma-

ción ética, lo que indica que este proceso no solo mide conocimientos, sino que también promueve reflexiones éticas. No obstante, un 28% tiene una percepción menos favorable, lo que podría estar relacionado con enfoques evaluativos que priorizan resultados sobre procesos.

El 68% de los estudiantes percibe que sus avances son valorados de manera justa por los docentes, lo que refuerza la confianza en el proceso evaluativo. Sin embargo, un 32% tiene percepciones menos positivas, lo que podría sugerir que algunos estudiantes no se sienten reconocidos adecuadamente en sus esfuerzos investigativos. Finalmente, los talleres con estudiantes fueron identificados como la actividad más significativa (80%), para la formación ética, seguido de las clases presenciales (72%), y el trabajo en grupos pequeños (60%). Esto destaca la importancia del aprendizaje colaborativo, los espacios de reflexión colectiva y las dinámicas prácticas en el fortalecimiento de valores éticos.

De manera general los estudiantes identificaron diversas características del docente que consideran fundamentales para su formación académica y ética. Entre ellas, destaca la responsabilidad, ya que un docente comprometido garantiza un ambiente de aprendizaje significativo. Asimismo, el conocimiento científico es esencial, ya que promueve la confianza en la enseñanza y permite a los estudiantes acceder a información actualizada y relevante. La honestidad se menciona como un atributo clave, ya que fomenta la transparencia en las interacciones y en la evaluación del desempeño estudiantil. La calidez en la relación docente-estudiante es igualmente valorada, ya que crea un espacio seguro para el aprendizaje. Además, la reflexión se considera vital, ya que un docente reflexivo puede adaptar su enfoque pedagógico a las necesidades de sus alumnos. La justicia en las evaluaciones y trato hacia los estudiantes es otra característica apreciada, mientras que la flexibilidad permite adaptar los métodos de enseñanza a diferentes contextos y estilos de aprendizaje. Por último, la organización en la planificación de clases y actividades contribuye a un entorno educativo eficaz y productivo. Estas características, en conjunto, son vistas por los estudiantes como esenciales para recibir una educación integral y de calidad.

4 Discusión

Si se quiere cumplir con lo que exige la Constitución de la República del Ecuador, el docente tendrá que cumplir su rol formativo al estudiante mediante su comportamiento ético para todo el trabajo que realiza como guía y educador por el medio ambiente sustentable y la democracia; la educación participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, entre tantas características que transmitirá al futuro profesional con un sentido crítico y competente para crear y trabajar en aras de un bien común.

En la Universidad se forman profesionales con rasgos importantes para la ética que necesita el País en cada uno de sus ciudadanos y la investigación constituye un vehículo importante para desarrollar valores éticos como: el trato digno y respeto a todo ser humano, la información confiable y verídica que se utilice, el respeto a la norma sobre la manipulación de datos importantes de las personas, aunque exista libertad de expresión para dar sus criterios, pero estos deben ser éticos y correctos. Además, el reconocimiento al aporte que realizan otros profesionales a la cultura que la investigación forma en cada nuevo investigador.

En la formación integral del universitario la formación ética constituye un baluarte y una aspiración de la sociedad para con sus profesionales, que sean portadores de valores éticos humanistas y sociales de alta sensibilidad para transformar sus entornos [7]. A su vez, un grupo de investigadores de la extensión Quevedo de la UNIANDES [18] realizó un estudio desde un diagnóstico del proceso de formación ética del docente de derecho para poder valorar la calidad del proceso de formación ética desde las posibilidades del profesor y su concepción teórico-metodológica para formar valores, pero sus resultados, el enfoque tecnicista y academicista aun limita la acción ante sus estudiantes, aunque en la presente investigación se buscó un enfoque mucho más amplio e integral por lo que los estudiantes lograron valorar sus docentes como ejemplos a seguir.

Si la investigación contribuye a la formación ética y esta a su vez permite que los estudiantes sean cada vez más responsables indicará que se van formando con capacidades reflexivas suficientes para hacer frente a todos los problemas actuales y futuros. Por ello es importante reflexionar en cada detalle de los procesos investigativos, en los datos reales que se utilicen, en el respeto a los resultados obtenidos y en el trato con cada persona involucrada en la investigación. Estas serán premisas que caracterizarán al profesional del mañana para que solucione conflictos mediante la lógica de la investigación [19] con gran valor ético.

De esta forma en [20] plantean que existen principios que condicionan las investigaciones científicas desde el punto de vista ético, por ello expresan que la integridad científica conlleva a la aplicación consciente de ellos en la búsqueda y difusión del conocimiento.

Dicha integralidad, para estos autores mencionados, se basa en cuatro ejes: la planificación, compilación, procesamiento y divulgación de los datos obtenidos; la forma en que se revisa y respeta las ideas de otros; la forma en que se establece una relación entre el investigador docente y el investigador estudiante; y, por último, las responsabilidades para cumplir las tareas del equipo de investigación [20]. Estos cuatro puntos definitivamente conducen a la incidencia que ejerce el investigador ético en la formación de otros investigadores durante la formación del profesional.

5 Conclusión

En esta investigación se implementó un Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de las capacidades reflexivas y éticas del estudiante de derecho inducidas por un tutor. Se pudo analizar y tabular la valoración del estudiante en la Universidad en los momentos finales de su formación en los aspectos relacionados con la incidencia de la ética del docente tutor en su formación integral para la profesión y la advertencia de los estudiantes en cuanto a esas influencias ejercidas en la formación de capacidades reflexivas y éticas durante la investigación estudiantil.

Los resultados sugieren que existe una relación directa entre las actividades que motivan la reflexión de los estudiantes y las actividades que los forman en valores importantes para la sociedad. El papel que juega el docente para la formación tanto de la reflexión como de la ética profesional ha quedado demostrado en las opiniones vertidas por los estudiantes en esta investigación y en los resultados arrojados por el método neutrosófico propuesto.

Referencias

[1] N. G. Arias, and N. V. Q. Arnaiz, "El aprendizaje basado en la investigación: retos y perspectivas en UNIANDES, Santo Domingo," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S3, pp. 185-192, 2021.

[2] C. S. Suárez, and K. Villalobos, "La ética social y la dignificación de la vida humana: Un alcance epistémico en la sociedad," *Clío América,* vol. 5, no. 9, pp. 99-111, 2011.

[3] M. P. Sánchez, A. E. Roig, and L. Rubio, "El desarrollo de la competencia investigadora a través de los proyectos de aprendizaje-servicio: codiseño y validación de una herramienta formativa para los futuros profesionales de la educación," *Bordón: Revista de pedagogía,* vol. 71, no. 3, pp. 79-95, 2019.

[4] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, V. M. G. Macías, and O. M. Cornelio, "La enseñanza–aprendizaje de la neurociencia en la educación superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2023.

[5] Y. V. Escobedo, K. d. l. C. V. Marrupe, A. R. Rodríguez, and L. E. G. Grillo, "Neurociencia y Educación: una combinación perfecta para el éxito académico," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 5, pp. 379-385, 2023.

[6] C. E. E. E. Freire, "Formación continua en la formación docente," *Revista Conrado,* vol. 13, no. 58, pp. 30-35, 2017.

[7] N. G. Arias, and N. Q. Arnaiz, "Ética, pensamiento reflexivo y cultura en la enseñanza aprendizaje del inglés en UNIANDES, Ecuador," *Revista UNIANDES Episteme,* vol. 5, no. 1, pp. 1161-1172, 2018.

[8] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[9] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[10] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[11] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry,* vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.

[15] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüisticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.

[16] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[17] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[18] A. R. Pupo Kairuz, R. A. Pupo Kairuz, I. J. Diaz Basurto, and M. A. Zambrano Olvera, "La formación ética del profesor de derecho y su incidencia en la docencia universitaria," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 172-177, 2021.

[19] N. Quevedo Arnaiz, N. García Arias, M. Cuenca Díaz, F. Cañizares Galarza, F. Martínez Álvarez, and J. Hernández Sánchez, "La Lógica del Proceso de Investigación Guía para el principiante," *Editorial Jurídica del Ecuador: Quito*, 2017.

[20] E. E. Espinoza Freire, and D. X. Calva Nagua, "La ética en las investigaciones educativas," *Revista Universidad y Sociedad,* vol. 12, no. 4, pp. 333-340, 2020.

Recibido: noviembre 21, 2024. Aceptado: diciembre 15, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical.

Method for recommendation in the classification of persistent periapical lesion by apical surgery.

María de los Ángeles Silva Celi[1], Adrián Isaac Toala Tapia[2], and Lisseth Margarita Zambrano Cedeño[3]

[1] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.mariasc82@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.adriantt36@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.lissethzc04@uniandes.edu.ec

Resumen. La presente investigación describe una solución a la problemática planteada mediante el desarrollo de un método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical. La investigación favorece lineamientos, procedimientos y herramientas técnicas que permitan garantizar la seguridad del paciente. La investigación propone un método innovador para mejorar la clasificación y el tratamiento de lesiones periapicales persistentes mediante el uso de cirugía apical, integrando enfoques clínicos y tecnológicos. El estudio aborda la necesidad de una clasificación precisa como base para recomendaciones terapéuticas efectivas, lo que contribuye a mejorar los resultados clínicos y reducir las complicaciones postoperatorias. El método combina análisis radiográfico avanzado, técnicas de aprendizaje automático y criterios clínicos específicos para identificar y categorizar lesiones según su morfología, extensión y comportamiento. Se diseñó un sistema de recomendación que evalúa los datos del paciente para sugerir procedimientos quirúrgicos personalizados. La investigación utilizó un enfoque mixto, incluyendo un estudio observacional en pacientes con lesiones periapicales persistentes y una validación del modelo a través de simulaciones y evaluaciones por especialistas. Los resultados muestran una mayor precisión en la clasificación de lesiones y una mejora significativa en la planificación quirúrgica.

Palabras Claves: Método para la recomendación, números neutrosóficos, clasificación de lesión periapical persistente, cirugía apical.

Abstract. The present investigation describes a solution to the problem posed by developing a method for recommendation in the classification of persistent periapical lesions using apical surgery. The research favors guidelines, procedures and technical tools that allow ensuring patient safety. The research proposes an innovative method to improve the classification and treatment of persistent periapical lesions using apical surgery, integrating clinical and technological approaches. The study addresses the need for accurate classification as a basis for effective therapeutic recommendations, which contributes to improving clinical outcomes and reducing postoperative complications. The method combines advanced radiographic analysis, machine learning techniques and specific clinical criteria to identify and categorize lesions according to their morphology, extension and behavior. A recommendation system was designed that evaluates patient data to suggest personalized surgical procedures. The research used a mixed approach, including an observational study in patients with persistent periapical lesions and a validation of the model through simulations and evaluations by specialists. The results show greater accuracy in lesion classification and significant improvement in surgical planning.

Keywords: Method for recommendation, neutrosophic numbers, classification of persistent periapical lesion, apical surgery.

1 Introducción

El principal objetivo del tratamiento endodóntico de dientes con periodontitis apical (PA) es el retiro o eliminación de células bacterianas, productos bacterianos y tejido pulpar necrótico del sistema de conductos radiculares [1]. La periodontitis apical posterior al tratamiento es una enfermedad asociada con los dientes tratados con conductos radiculares y es causada principalmente por una infección bacteriana que persiste en el sistema de conductos radiculares y, a veces, en el tejido perriradicular [2]. Otras de las razones fundamentales pueden ser debido a que

la presencia de istmos, recesos, canales laterales y otras irregularidades se asocian comúnmente con una preparación subóptima, acumulación de residuos, la identificación de la morfología del canal [3]

Se ha presentado que en tratamientos del conducto radicular cuando se realiza adecuadamente, puede fallar en alrededor del 5% al 15% de los casos [4]. La causa más común es la infección bacteriana que se ve afectada en ciertas regiones anatómicas, como los istmos, los conductos laterales y los túbulos dentinarios, que generalmente son inaccesibles para los instrumentos y agentes antimicrobianos utilizados durante el tratamiento del conducto radicular [5].

Por lo tanto, El establecimiento de un sellado eficaz del conducto radicular también es importante para evitar el paso adicional de bacterias y/o sus productos a los tejidos perirradiculares y negar espacio para la reinfección [6].

El absceso apical crónico es una forma de periodontitis apical causada por una infección bacteriana del conducto radicular y caracterizada por una radiotransparencia periapical asociada con un tracto sinusal intraoral o extraoral [7]. Su persistencia durante más de un mes o su recurrencia después de un tratamiento indica la presencia de una infección ya sea intrarradicular o extrarradicular persistente por lo tanto, debe tratarse mediante retratamiento, cirugía o extracción. Según como se presente el caso.

Los tratamientos endodónticos quirúrgicos y no quirúrgicos tienen una alta tasa de éxito en el tratamiento y prevención de la periodontitis apical cuando se llevan a cabo de acuerdo con los principios clínicos estándar y aceptados. Sin embargo, las lesiones periapicales endodónticas permanecen en algunos casos, y se debe considerar un tratamiento adicional cuando persiste la periodontitis apical [8].

La infección persistente y/o el mantenimiento de microorganismos intrarradiculares o extrarradiculares, algunos microorganismos pueden sobrevivir debido a las complejidades anatómicas del sistema de conductos radiculares y al acceso limitado de instrumentos y soluciones irrigadoras [9]después de la terapia endodóntica puede conducir a una reacción inmune inflamatoria de los tejidos periapicales, lo que lleva a la reabsorción ósea, así como al desarrollo de granulomas y quistes [10].

2 Materiales y métodos

A partir del análisis antes expuesto, es posible modelar el fenómeno recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical como un problema de toma de decisión multicriterio [11]. Formalmente se representa como:

- Un conjunto de alternativas que representan los pacientes objetos de análisis $A = \{A_1, \dots A_n\},\ n \geq 2$ que se encuentran caracterizados por:
- Un conjunto de criterios que influyen en recomendación de la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical$C = \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2$;

2.1 Métodos multicriterio para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical

Los problemas de toma de decisiones pueden ser clasificados según las variables que intervienen en el proceso. Se pueden clasificar mediante un ambiente monocriterio o multicriterio. Para un ambiente monocriterio existe una sola variable que determina el comportamiento sobre el procesamiento de las alternativas, por lo tanto existe una implicación directa. Se cumple la condición que p→q, para todo valor que tome la variable objeto de estudio, el resultado implicará positiva o negativamente el valor del objetivo o alternativa [12-14].

Los operados de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [15], [16] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único.

Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada [12-14], tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \tag{1}$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información *Ordered Weighted Averaging,* (OWA por sus siglas en Inglés), Media Ponderada Ordenada propuesto por [17],[18], [19], [20] permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión [21], [22].

2.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La neutrosofía consiste en la representación de la neutralidad, fue propuesta por Smarandache [23]. Representa

las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [24].
La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [25]:

sean $N = \{(T,I,F) : T,I,F \subseteq [0,1]\}cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T,I,F) \quad (2)$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [26] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [27] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [28, 29].

Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (3)$$

donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

3 Método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical

En la presente sección se describe el funcionamiento del modelo matemático para la toma de decisiones sobre la recomendación para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical. Se presentan las características generales que facilitan la comprensión de la propuesta.

El método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical, está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

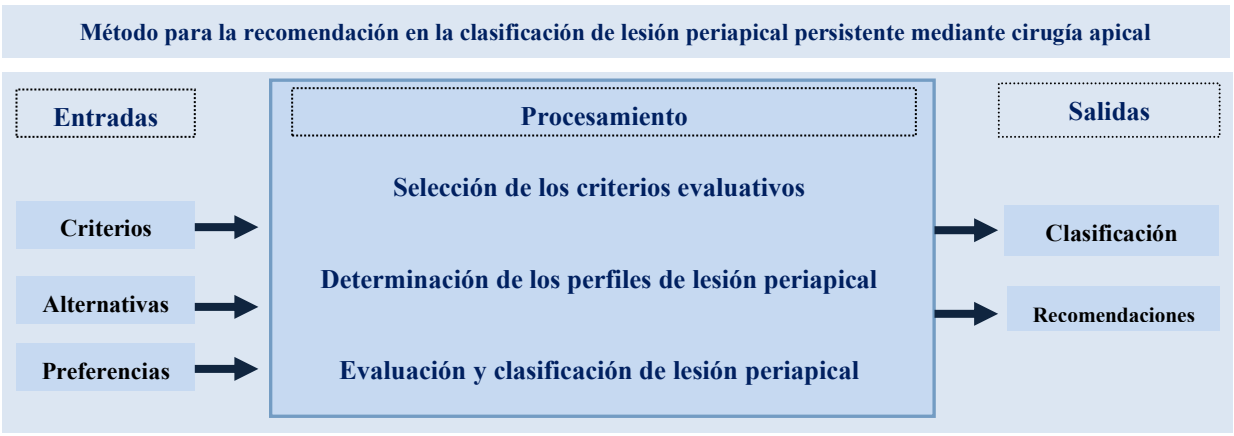

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método.

3.1 Descripción de las etapas del método

La entrada de información permite la introducción de los diferentes datos que son necesarios en el proceso de toma de decisiones. Los datos representan la principal fuente de información a ser utilizada en la etapa de procesamiento.

El procesamiento de información representa la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a partir de un método de inferencia utilizado que ejecuta una secuencia de operaciones. El procesamiento es la característica que permite la transformación de datos almacenados en información organizada con un objetivo específico.

La salida de información garantiza la representación del resultado generado a partir del procesamiento realizado. Permite devolver el comportamiento de las alternativas a partir del proceso de inferencia realizado mediante las variables objeto de estudio.

3.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades (identificación de los criterios de clasificación de lesión periapical, determinación del perfil de lesión periapical, evaluación y clasificación, recomendaciones) que soportan el proceso de toma de decisiones del método [30-32]. A continuación se describen las diferentes actividades:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describe la clasificación de lesión periapical, representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil de clasificación de lesión periapicalC_i.

Determinación del perfil de clasificación de lesión periapical: el perfil de lesión periapical se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{4}$$

Las valoraciones de las características de lesión periapicala_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN. La descripción de las características está asociada al conjunto de lesión periapical que representan las alternativas del proceso[33, 34].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{5}$$

Evaluación y clasificación: para la clasificación de lesión periapical mediante números SVN [35, 36], se tiene:
Sea
$A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN,
tal que:
$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$,
j=(1,2, … , n),
$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.
tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [36]:

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(|a_{ij}-a_j^*|\right)^2+\left(|b_{ij}-b_j^*|\right)^2+\left(|c_{ij}-c_j^*|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [37], [27]. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante perfil de lesión periapical (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas [38-40].

La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \tag{7}$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias Pre_y que una sobre el comportamiento de lesión periapical, donde:

$\left[Pre_y\right]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de Pre_y.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación en la clasificación de lesión periapical se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = \left[Pre_y, W_z\right] \tag{8}$$

Donde:
Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.
W_z : representa el vector de peso referido por $_z$.

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil la clasificación de lesión periapical y es ordenada de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

4 Resultados y discusión

La presente sección describe un ejemplo para demostrar la aplicabilidad del método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores.

Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. El objetivo realizar la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical, los criterios evaluativos son representados por los principales indicadores de calidad.

Los expertos expresan la valoración del cumplimiento de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [36].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de lesión periapical persistente mediante cirugía apical que representan las alternativas tal como se refiere a continuación:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$$

Que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos para la recomendación en la clasificación.

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$$

Donde:

c_1 Tamaño de la Lesión Periapical
c_2 Presencia de Síntomas Clínicos
c_3 Morfología del Conducto Radicular
c_4 Características Radiográficas de la Lesión
c_5 Factores Sistémicos del Paciente
c_6 Histopatología de la Lesión
c_7 Evaluación del Tratamiento Previo

La Tabla 2 muestra la vista de datos utilizadas para el presente caso de estudio.

Tabla 2: Vista de datos de lesión periapical persistente mediante cirugía apical

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
a_1	M	B	M	M	MB	B	MB
a_2	M	B	MD	M	MB	M	MB
a_3	B	MDB	M	M	MMB	B	MMB
a_4	B	MMB	M	M	M	B	M

Si un miembro del personal médico u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{B}, \mathrm{MMB}, \mathrm{M}, \mathrm{M}, \mathrm{M}, \mathrm{B}, \mathrm{M}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil de lesión periapical persistente mediante cirugía apical y los almacenados en la base de datos.

Tabla 3: Similitud entre la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical y el perfil almacenados

a_1	a_2	a_3	a_4
0.50	0.20	0.75	0.95

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil de lesión periapical persistente mediante cirugía apical posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

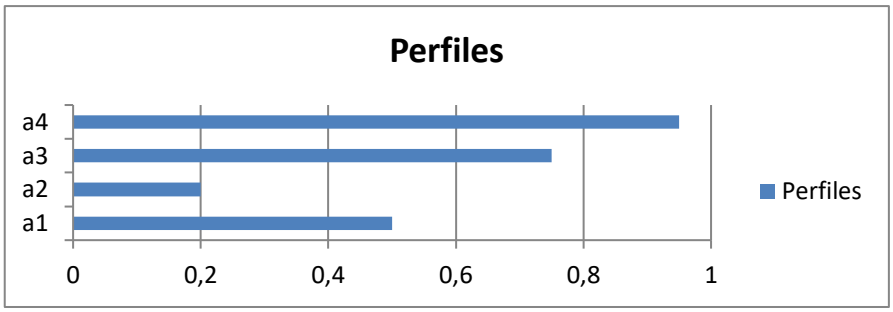

Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles de lesión periapical resultantes son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_4, a_3, a_1, a_2\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos productos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_4, a_3$$

A partir del resultado, el perfil que mejor evaluación posee para representar la propuesta de evaluación óptima es a_4.

5 Análisis de los resultados

La periodontitis apical es una enfermedad inflamatoria en respuesta a la infección del conducto radicular [41], la persistencia de microorganismos en la porción apical del sistema de conducto radicular se puede dar por áreas que permanecen intactas durante la preparación del quimiomecánica [42] y estas áreas se encuentran cubiertas de tejido pulpar, bacterias y astillas de dentina por lo tanto el 10% al 50% de la superficie del conducto principal permanece intacto, independientemente de la técnica y los instrumentos empleados, y estas pueden servir como reservorio de infección residual para causas periodontitis apical persistente con formación de biopeliculas. Por lo tanto, [43] encontraron una asociación de tracto sinusal con biopelículas intrarradiculares de un 87%. [43], Mientras que la relación con biopelículas bacterianas extrarradiculares fue un 83%. [44], Esta afección es más común en dientes con lesiones grandes > 5mm de diámetro que representa un 82%. [43], [32]. Indica que las tasas de éxito para el tratamiento de dientes con y sin trayecto sinusal, condición asociada a la perforación patológica de la placa cortical, fueron de 66,7% y 85%, respectivamente. Y que los dientes que presentaron lesiones grandes (5-10 mm) o muy grandes (≥10 mm) cicatrizaron completamente en el 72,7% y el 54,5% de los casos (Artaza et al., 2021).

Las lesiones periapicales grandes y las lesiones similares a quistes pueden no cicatrizar después de un tratamiento de conducto no quirúrgico debido a la persistencia de infecciones intracanales o extrarradiculares, o a irritantes.

Un quiste es una cavidad patológica revestida de epitelio que contiene líquido, gas u otro material acuoso en su contenido. Estos pueden conducir a la remodelación ósea y el consiguiente debilitamiento óseo, lo que lleva a cambios funcionales y una mayor predisposición a infecciones y fracturas.

Por el tamaño de la lesión puede verse influenciado el resultado del tratamiento [43], Atribuido a los microorganismos residuales que poseen patogenicidad, alcanzan un número suficiente y acceden a los tejidos perirradiculares para inducir o mantener la enfermedad perirradicular tiene un profundo impacto en la influencia del resultado [42]

6 Conclusión

El presente trabajo propuso un método para la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical a partir de la utilización de un enfoque multicriterio. Se basó en los números neutrosóficos como la teoría que permitió abordar la incertidumbre y la imprecisión para la evaluación de los criterios que determinan la recomendación en la clasificación de lesión periapical persistente mediante cirugía apical. El empleo de los números Neutrosóficos de Valor Único nutrió el método propuesto mediante su representación de la incertidumbre para la confección de perfiles de lesión periapical persistente.

Los microorganismos que residen en el conducto radicular juegan un papel importante esencial en el inicio y establecimiento de lesiones perirradiculares. El enfoque actualmente aceptado en el tratamiento de lesiones apicales histológicamente diferentes es utilizar un tratamiento de conducto para granulomas y quistes en bahía. Los quistes verdaderos no se pueden tratar con tratamientos de conducto. Por lo tanto, la cirugía de la raíz apical se recomienda realizarlo.

Referencias

[1] P. León, M. Ilabaca, M. Alcota, and F. E. González, "Frecuencia de periodontitis apical en tratamientos endodónticos de pregrado," *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral,* vol. 4, no. 3, pp. 126-129, 2011.

[2] J. Siqueira, I. N. Rôças, D. Ricucci, and M. Hülsmann, "Causes and management of post-treatment apical periodontitis," *British dental journal,* vol. 216, no. 6, pp. 305-312, 2014.

[3] P. A. Villa-Machado, D. M. Restrepo-Patiño, J. P. Calvo-Trejos, F. A. Restrepo-Restrepo, S. I. Tobón-Arroyave, J. C. Provenzano, J. F. Siqueira Jr, and F. R. Alves, "Cone-beam Computed Tomographic and Micro–computed Tomographic Evaluations of the Root Apexes of Teeth with Posttreatment Apical Periodontitis," *Journal of endodontics,* vol. 46, no. 11, pp. 1695-1701, 2020.

[4] S. Friedman, "Prognosis of healing in treated teeth with endodontic infections," *Endodontic microbiology*, pp. 341-384, 2017.

[5] J. F. Siqueira Jr, H. S. Antunes, A. R. Pérez, F. R. Alves, I. Mdala, E. J. Silva, F. G. Belladonna, and I. N. Rôças, "The apical root canal system of teeth with posttreatment apical periodontitis: correlating microbiologic, tomographic, and histopathologic findings," *Journal of Endodontics,* vol. 46, no. 9, pp. 1195-1203, 2020.

[6] J. F. Siqueira Jr, "Aetiology of root canal treatment failure: why well‐treated teeth can fail," *International endodontic journal,* vol. 34, no. 1, pp. 1-10, 2001.

[7] L. Artaza, A. F Campello, G. Soimu, F. R. Alves, I. N. Rôças, and J. F. Siqueira Jr, "Clinical and radiographic outcome of the root canal treatment of infected teeth with associated sinus tract: A retrospective study," *Australian Endodontic Journal,* vol. 47, no. 3, pp. 599-607, 2021.

[8] K. Karamifar, A. Tondari, and M. A. Saghiri, "Endodontic periapical lesion: an overview on the etiology, diagnosis and current treatment modalities," *European endodontic journal,* vol. 5, no. 2, pp. 54, 2020.

[9] T. C. Pereira, L. R. da Silva Munhoz Vasconcelos, M. S. Z. Graeff, M. C. M. Ribeiro, M. A. H. Duarte, and F. B. de Andrade, "Intratubular decontamination ability and physicochemical properties of calcium hydroxide pastes," *Clinical oral investigations,* vol. 23, pp. 1253-1262, 2019.

[10] S. A. Quaresma, R. P. d. Costa, B. Batalha, M. C. R. D. Quaresma, F. C. Lopes, J. F. Mazzi-Chaves, A. Ginjeira, and M. D. d. Sousa-Neto, "Management of periapical lesion with persistent exsudate," *Brazilian Dental Journal,* vol. 33, no. 1, pp. 112-118, 2022.

[11] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul,* vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.

[12] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[13] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[14] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[15] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[16] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[17] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[18] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[19] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[20] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[21] D. Filev, and R. Yager, "On the issue of obtaining OWA operator weights," *Fuzzy sets and systems,* vol. 94 no. 2, pp. 157-169, 1998.

[22] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[23] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[24] F. Smarandache, *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrsophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability*: Infinite Study, 2005.

[25] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[26] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[27] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[28] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[29] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[30] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[31] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[32] U. Endal, Y. Shen, A. Knut, Y. Gao, and M. Haapasalo, "A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling," *Journal of endodontics,* vol. 37, no. 2, pp. 223-227, 2011.

[33] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[34] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[35] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[36] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[37] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words," *Ingeniería y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 173-188, 2015.

[38] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.

[39] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[40] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[41] L. H. Berman, and K. M. Hargreaves, *Cohen. Vías de la pulpa*: Elsevier Health Sciences, 2022.

[42] J. F. Siqueira Junior, I. d. N. Rôças, M. F. Marceliano-Alves, A. R. Pérez, and D. Ricucci, "Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies," *Brazilian oral research,* vol. 32, pp. e65, 2018.

[43] D. Ricucci, and J. F. Siqueira Jr, "Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings," *Journal of endodontics,* vol. 36, no. 8, pp. 1277-1288, 2010.

[44] D. Ricucci, S. Loghin, L. S. Gonçalves, I. N. Rôças, and J. F. Siqueira Jr, "Histobacteriologic conditions of the apical root canal system and periapical tissues in teeth associated with sinus tracts," *Journal of endodontics,* vol. 44, no. 3, pp. 405-413, 2018.

Recibido: noviembre 21, 2024. Aceptado: diciembre 16, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador.

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador.

Jenny Olivia Caicedo Rodríguez[1], Carlos Alejandro Troya Altamirano[2], and Evelyn Carolina Betancourt Rubio[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.jennycaicedo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. docentetp51@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo. Ecuador. us.evelynbr@uniandes.edu.ec

Resumen. El cáncer de cuello uterino representa el cuarto cáncer más diagnosticado y la cuarta causa de muerte por cáncer en mujeres a nivel mundial, con más de 22 millones de casos estimados para 2030, especialmente en regiones como África, Asia y América Latina. La principal causa de este tipo de cáncer es el Virus del Papiloma Humano (VPH), que está vinculado a más del 95% de los casos. La presente investigación tiene como objetivo implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en Ecuador. Se revisaron los precios de estas pruebas en laboratorios de alta, media y baja complejidad, y se realizaron encuestas a 13 laboratorios nacionales, excluyendo laboratorios de referencia. El precio promedio de las pruebas de Genotipificación del VPH fue de $122.69, con variaciones significativas que van desde $90 a $160. Esta disparidad geográfica en precios puede impactar negativamente en la accesibilidad, especialmente para las poblaciones de bajos ingresos, donde el costo de estas pruebas puede representar entre el 20% y el 35.56% del salario mínimo mensual. Los resultados subrayan la necesidad de políticas que afronten las barreras económicas y geográficas, y la implementación de programas de tamizaje financiados públicamente podría asegurar que todas las mujeres tengan acceso equitativo a estas pruebas esenciales.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, VPH, cáncer de cuello uterino, biología molecular, precios de pruebas.

Abstract. Cervical cancer represents the fourth most diagnosed cancer and the fourth cause of cancer death in women worldwide, with more than 22 million cases estimated by 2030, especially in regions such as Africa, Asia, and Latin America. The main cause of this type of cancer is the Human Papillomavirus (HPV), which is linked to more than 95% of cases. The present research aims to implement a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the price of HPV tests by Molecular Biology in Ecuador. The prices of these tests in high, medium, and low complexity laboratories were reviewed, and surveys were conducted in 13 national laboratories, excluding reference laboratories. The average price of HPV Genotyping tests was $122.69, with significant variations ranging from $90 to $160. This geographic disparity in price can negatively impact accessibility, especially for low-income populations, where the cost of these tests can represent between 20% and 35.56% of the monthly minimum wage. The results underscore the need for policies that address economic and geographic barriers, and the implementation of publicly funded screening programs could ensure that all women have equitable access to these essential tests.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, HPV, cervical cancer, molecular biology, test prices

1 Introducción

A nivel mundial, el cáncer de cuello uterino es el cuarto tumor más diagnosticado y la cuarta causa de muerte entre todos los tipos de cáncer en las mujeres. Se estima que para 2030, el número de casos de cáncer en el mundo llegará a 22 millones y se prevé que 7 de cada 10 casos se localizarán en África, Asia y América Latina . Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el cáncer es la segunda causa de muerte en la Región de las Américas [1].

La principal causa del cáncer de cuello uterino es el Virus del Papiloma Humano (VPH), una enfermedad de transmisión sexual relacionada en más del 95% con este tipo de cáncer [2]. El VPH también es causante de otras enfermedades oncológicas como el cáncer de vulva, vagina, ano, pene y orofaringe (amígdalas). El VPH es un grupo de más de 200 virus relacionados, de los cuales 14 serotipos se consideran de alto riesgo. El serotipo 16 se presenta en 1 de cada 4 mujeres, el serotipo 18 en 1 de cada 9 mujeres, y 1 de cada 19 mujeres puede presentar uno de los 12 serotipos restantes [3].

Los programas de tamizaje, tienen dificultades para lograr una amplia cobertura, hacer seguimiento y focalizar las mujeres con mayor riesgo, pues la citología cervicouterina está dirigida a mujeres entre 21 y 65 años lo que limita el acceso a un grupo de mujeres que tempranamente inicia su actividad sexual, como es el caso de las mujeres entre 21 y 49 años de edad, de las cuales 66% tuvo su primera relación sexual antes de los 20 años. Esta situación se ve agravada por la dificultad para hacer el seguimiento de las mujeres que se hacen la citología: 31% de las mujeres que tuvieron un resultado anormal no vuelve a una nueva consulta o para el tratamiento [4].

Los estudios epidemiológicos y de biología molecular han demostrado una relación fuerte y específica entre la infección por VPH y el cáncer de cuello uterino, lo cual tiene importantes repercusiones prácticas. Esto permite una identificación más clara de los grupos de alto riesgo y su cribado en grandes poblaciones [5].

Dado que el VPH juega un papel fundamental en el desarrollo del cáncer de cuello uterino y que las pruebas moleculares, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) o la captura de híbridos, son las más precisas para detectarlo y genotipificarlo, es pertinente analizar los precios de estas pruebas ofertadas por los laboratorios y que se encuentran disponibles para los pacientes [6].

Se reconoce que la viabilidad de la implementación de la prueba del VPH en países de bajos ingresos depende en gran medida del costo de la prueba, su sensibilidad y de la organización del programa de tamización. Así, se sugiere que en los países con recursos escasos la prioridad debe ser que las mujeres sean tamizadas al menos una vez, al tiempo que se asegura que existen rendimientos decrecientes de una mayor frecuencia en la tamización [7].

La revisión de los precios de las pruebas de Biología Molecular, en diversos laboratorios del país es de suma importancia debido a que permitirá conocer los precios de las pruebas y evaluar la accesibilidad de estas pruebas para la población general. Las disparidades en los precios pueden indicar desigualdades en el acceso a diagnósticos precisos y tratamientos efectivos.

Una revisión de precios puede contribuir a la transparencia en el sector de salud. Esto puede ayudar a identificar prácticas de precios justas y asegurar que los pacientes no están siendo sobrecargados. Además, para los laboratorios, conocer los precios de la competencia puede ser un incentivo para mejorar la eficiencia y reducir costos sin comprometer la calidad, promoviendo un entorno competitivo saludable. Entender el rango de precios es esencial para la planificación presupuestaria y la asignación de recursos. Esto garantiza que los fondos disponibles se utilicen de manera óptima.

En este contexto la presente investigación tiene como objetivo implemntar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método. El método multicriterio neutrosófico propuesto se fundamenta en varias cualidades clave que garantizan su efectividad y adaptabilidad en la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en Ecuador:

- Integración: Este método asegura la interconexión de diversos componentes, permitiendo una evaluación comprensiva y coherente de los precios de las pruebas. Al unir diferentes elementos relevantes, facilita una visión más holística del problema y de las diversas variables que pueden influir en el costo.
- Flexibilidad: Utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre, lo que enriquece la interoperabilidad entre los usuarios del método. Esta característica permite que quienes interactúan con el sistema puedan entender y manejar mejor la información, adaptándose a diversas condiciones y escenarios en la toma de decisiones.
- Interdependencia: Se basa en la colaboración con expertos, quienes proporcionan los datos de entrada necesarios. Estos aportes son fundamentales, ya que los resultados obtenidos no solo se convierten en información valiosa, sino que también alimentan una base de conocimientos que fortalece el proceso de inferencia y análisis en futuras evaluaciones.

El método se apoya también en los siguientes principios esenciales:

- Identificación de indicadores: Un equipo de expertos es responsable de identificar los indicadores pertinentes para la evaluación del precio de las pruebas de HPV, asegurando que todos los factores relevantes se consideren de manera adecuada.
- Uso de métodos multicriterios: La aplicación de estos métodos en la evaluación permite una mejor consideración de los diferentes criterios que afectan el precio, facilitando así una toma de decisiones más in-

formada y justa.

Estas características y principios son fundamentales para abordar adecuadamente las complejidades en la evaluación de precios de servicios de salud en el contexto ecuatoriano.

El método para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Este método posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

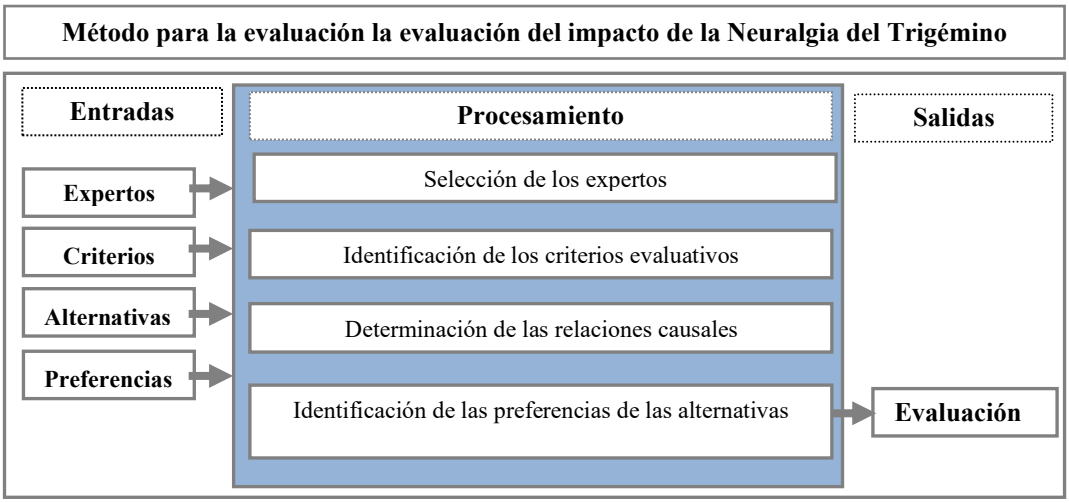

Figura 1. Estructura del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador.

2.1 Descripción de las etapas del modelo

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método. La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de expertos.

El primer paso en este proceso es determinar el grupo de expertos que participará en la investigación. La selección se basa en la metodología propuesta por Fernández [8]. Este proceso inicia con el envío de un modelo a los posibles expertos, que incluye una breve explicación sobre los objetivos del estudio y el área del conocimiento relevante. Las actividades que se llevan a cabo son las siguientes:

Establecimiento de contacto: Se contacta a expertos en la materia y se les invita a unirse al panel de participantes. Esta etapa tiene como objetivo reunir un grupo de expertos con conocimientos significativos para la aplicación del método.

Filtrar expertos: Es crucial filtrar a aquellos expertos que no posean un nivel adecuado de conocimiento. El proceso de selección se centra en aquellos con mayor experiencia y prestigio en el área específica del estudio. Para llevar a cabo esta filtración, se utiliza un cuestionario de autoevaluación, que busca determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c). La fórmula correspondiente se expresa en la ecuación 1.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

donde:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Tras la selección de los expertos, se procede a identificar los criterios evaluativos que nutrirán el método y servirán como parámetros de entrada en la fase de procesamiento. Las actividades implicadas son:

1. Cuestionario inicial: Se envía un cuestionario a los panelistas para obtener su opinión sobre los criterios evaluativos pertinentes para la investigación. Este cuestionario, previamente elaborado, generará un conjunto de criterios consensuados entre los expertos.

2. Análisis de respuestas: Se examinan las respuestas para identificar áreas de acuerdo y desacuerdo. Esta actividad permite un análisis detallado del comportamiento de las respuestas, destacando elementos comunes y divergentes.
3. Retroalimentación y re-evaluación: Se envía un análisis resumido de las respuestas a los expertos, solicitándoles que completen nuevamente el cuestionario y que expliquen sus discrepancias. Esto proporciona una nueva perspectiva del panel sobre el conocimiento recopilado.
4. Iteración del proceso: Este procedimiento se repite hasta que las respuestas se estabilizan. Una vez alcanzada esta estabilidad, se considera que el método ha cumplido su función, lo que se traduce en la obtención de un resultado general aceptable.

Este procedimiento no solo sostiene la rigurosidad del proceso sino que también garantiza que los criterios evaluativos sean representativos de la experticia acumulada en el panel, enriqueciendo así la validez de los resultados obtenidos. La actividad obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los creiterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que: $A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para mejorar la interpretabilidad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios, se emplean términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosóficas [9], [10], [11]. La utilización de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión implica, a menudo, la realización de operaciones con estas etiquetas. En este contexto, se presenta la tabla 1, que da cuenta del conjunto de términos lingüísticos y sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Where:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios *C*.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos sobre el precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

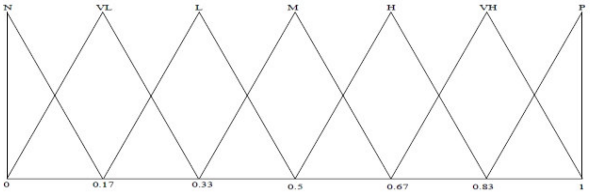

Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.
Nota: N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [12-14]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa. A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información [15, 16]. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.
Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, ..., A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos *W* definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [17, 18]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [19, 20].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto.
Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:
P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular
w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

Se realizó una encuesta con 13 laboratorios de baja, mediana y alta complejidad de Ecuador, que ofertan las

pruebas de Biología Molecular para la Genotipificación de HPV, al público. Se consultó el precio de venta al público de la prueba. De los resultados obtenidos se evidencia que la el precio de venta al público de las pruebas de Genotipificación de HPV es en promedio fue de 1226,90 dólares, con un tiempo promedio de entrega del resultado de 5 días.

Tabla 2. Listado de precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular. Método PCR.

Laboratorio	Ciudad	Precio (USD)	Tipo de muestra	Tiempo de entrega (días)
Laboratorio A	Quito	120	Citología	5
Laboratorio B	Guayaquil	140	Citología	4
Laboratorio C	Cuenca	160	Citología	6
Laboratorio D	Ambato	130	Citología	5
Laboratorio E	Manta	145	Citología	4
Laboratorio F	Quito	90	Citología	5
Laboratorio G	Quito	100	Citología	5
Laboratorio H	Esmeraldas	120	Citología	8
Laboratorio I	Guayaquil	120	Citología	5
Laboratorio J	Santo Domingo	100	Citología	5
Laboratorio K	Santo Domingo	95	Citología	5
Laboratorio L	Cuenca	100	Citología	5
Laboratorio M	Quito	100	Citología	3

3.1 Implementación del método

A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 9 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 9 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 2 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 3**Tabla** :

Tabla 3. Coeficiente de conocimiento por expertos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,60	0,80	1	0,60	0,90	0,90	1	0,80

Se aplicaron 4 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos y *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores Ecuatorianos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 2 expertos y *Baja* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 3. Contacto directo con laboratorios de pruebas de HPV por Biología Molecular en el Ecuador: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 3 expertos y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento del estado actual del precio y las características de las pruebas de HPV por Biología Molecular: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 4 expertos y *Baja* para 1 experto.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

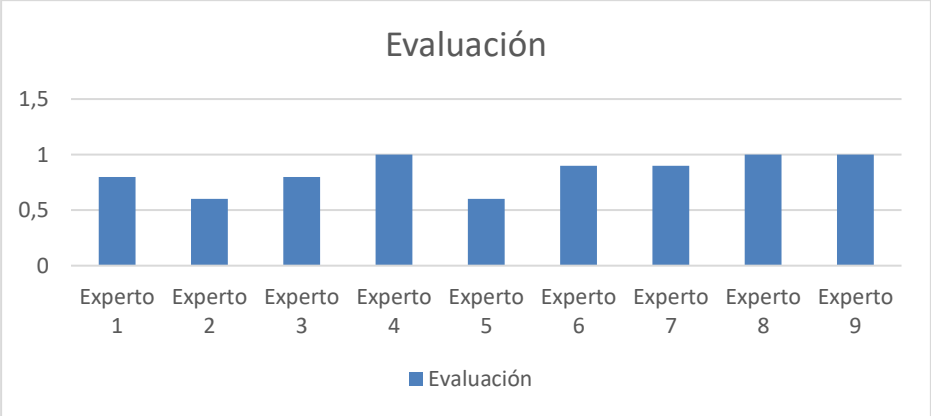

Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación del impacto del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en la detección oportuna del cáncer de cuello uterino en Ecuador. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes.
La tabla 4 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 4: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios evaluativos
C_1	Relación costo-beneficio: Este criterio evalúa si el precio de las pruebas de HPV justifica los beneficios que generan en términos de detección temprana y tratamiento. Analiza cómo una reducción en el costo podría aumentar la realización de pruebas y, por ende, mejorar las tasas de detección oportuna del cáncer.
C_2	Impacto en la tasa de realización de pruebas: Se examina cómo distintas estructuras de precios afectan la decisión de las mujeres, especialmente de aquellas en situaciones económicas desfavorables, para someterse a la prueba. Este criterio busca establecer correlaciones entre el precio y la frecuencia de realización de pruebas, lo que influye directamente en la detección temprana.
C_3	Efecto del precio en el acceso a tratamientos post-prueba: Considera cómo el costo de las pruebas impacta el acceso a tratamientos o cuidados posteriores en caso de un diagnóstico positivo. Un precio alto puede llevar a que las mujeres no solo eviten hacerse la prueba, sino que también limiten su acceso a la atención necesaria después de un diagnóstico.
C_4	Diferencias regionales en precios y su efecto en la detección: Este criterio analiza cómo las variaciones de precios entre diferentes regiones del país afectan la capacidad de las mujeres para realizarse las pruebas. Examina las implicaciones que tienen los precios más altos en áreas menos favorecidas y su relación con las tasas de detección en esas regiones.
C_5	Percepción del valor de la prueba versus costo: Se evalúa cómo perciben las personas más pobres el valor de las pruebas de HPV en relación con su costo. Esto incluye el análisis de si las mujeres consideran que el precio de la prueba es razonable en relación con la importancia de la detección temprana del cáncer de cuello uterino.
C_6	Disponibilidad de opciones de financiamiento o subsidios: Este criterio investiga la existencia y efectividad de programas de subsidios o financiamiento que faciliten el acceso a las pruebas de HPV. Evalúa cómo estas alternativas pueden mitigar el impacto del precio en las decisiones de las mujeres, promoviendo así un mayor acceso a la detección oportuna.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexpero, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 5 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 5: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

ID	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]
C_4	[0.80, 0.1, 0.1]

ID	Vectores de pesos W para los criterios C
C_5	[0.72,0.25,0.30]
C_6	[0.90, 0.1, 0.1]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar el impacto del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en la detección oportuna del cáncer de cuello uterino en Ecuador, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 6 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 6: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos

ID	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0.70,0.25,0.30]	[0.85, 0.1, 0.1]
C_3	[0.80, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_4	[0.72,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.86, 0.1, 0.1]
C_5	[0.90, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_6	[1,0,0]	[0.70,0.25,0.30]	[0.85, 0.1, 0.1]
Índice			[0.86, 15,0.20]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

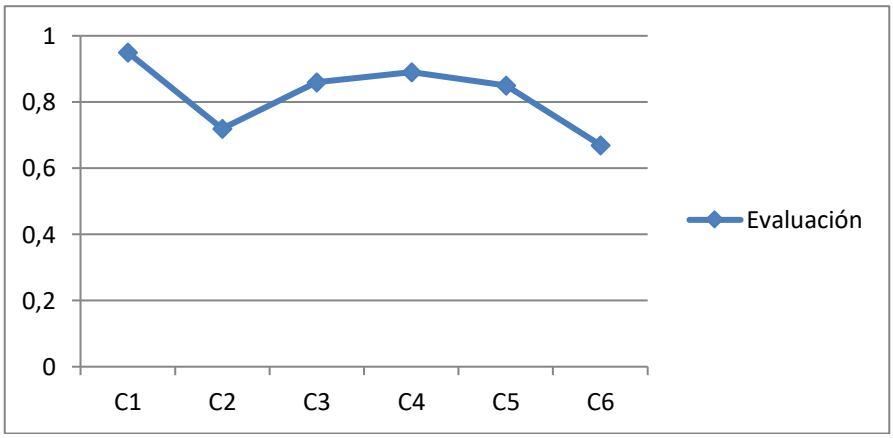

Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

A partir del análisis presentado en la tabla 6, se determina un índice de impacto (II) de 0.86 para el método multicriterio neutrosófico, utilizado en la evaluación del efecto del precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular en la detección oportuna del cáncer de cuello uterino en Ecuador. Este resultado se clasifica como un Alto índice de impacto, lo que demuestra que el costo de estas pruebas tiene una influencia significativa en la capacidad de las mujeres para acceder a la detección temprana del cáncer. Un índice tan elevado sugiere que la reducción de precios podría facilitar un mayor acceso y, potencialmente, llevar a aumentos en las tasas de detección precoz, lo que es crucial para mejorar los resultados de salud en la población femenina del país. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar políticas que aborden las barreras económicas, asegurando que todas las mujeres, independientemente de su situación socioeconómica, puedan beneficiarse de las pruebas de HPV.

4 Discusión

El análisis de los precios de las pruebas de biología molecular para la detección del VPH en Ecuador revela una variabilidad significativa entre diferentes laboratorios y ciudades. Esta variabilidad en los precios puede tener importantes implicaciones en el acceso a las pruebas y, en última instancia, en la salud pública.

Los precios de las pruebas de Genotipificación de VPH en los laboratorios encuestados varían de $90 a $160, con un promedio de $122,69. Esta diferencia puede afectar la accesibilidad para diferentes segmentos de la población, especialmente en contextos de bajos ingresos. Los precios más bajos se encuentran en Quito y Santo Domingo ($90 - $100), mientras que los más altos se registran en Cuenca ($160). Las diferencias geográficas en los precios pueden influir en la distribución equitativa de los servicios de salud.

El tiempo de entrega de los resultados varía entre 3 y 8 días, con un promedio de 5 días. Los tiempos de entrega más largos pueden retrasar el inicio del tratamiento, afectando negativamente la salud de las pacientes. El acceso a las pruebas de VPH es un componente crucial en la prevención y el tratamiento temprano del cáncer de cuello uterino. La literatura sugiere que en países de bajos y medianos ingresos, como Ecuador, la disponibilidad y el costo de las pruebas de biología molecular son barreras significativas para una cobertura amplia y efectiva.

Estudios previos han demostrado que el costo de las pruebas de VPH puede ser prohibitivo para muchas mujeres en países de ingresos bajos y medios [21, 22]. Esto puede llevar a desigualdades en la detección temprana y el tratamiento del cáncer de cuello uterino. La falta de programas de tamizaje accesibles y el seguimiento insuficiente de las mujeres que reciben resultados anormales son problemas persistentes. Las mujeres de menores ingresos y aquellas que viven en áreas rurales son las más afectadas.

La literatura sugiere que los laboratorios pueden mejorar la eficiencia y reducir costos, lo que puede traducirse en precios más bajos para las pruebas de VPH. La transparencia en los precios y la competencia saludable entre laboratorios también son factores que pueden contribuir a una mayor accesibilidad [23, 24].

Para mejorar el acceso a las pruebas de VPH, los gobiernos pueden considerar subsidios para las pruebas en laboratorios, especialmente en áreas de bajos ingresos y rurales [25]. La implementación de programas de tamizaje de VPH financiados públicamente puede ayudar a aumentar la cobertura y asegurar que todas las mujeres, independientemente de su situación económica, tengan acceso a estas pruebas.

Para analizar la accesibilidad económica de las pruebas de VPH en Ecuador, es útil compararlas con el Salario Mínimo Unificado (SMU) del país. En 2024, el SMU en Ecuador es de aproximadamente $450 USD mensuales. Considerando el costo de una prueba de VPH varía entre el 20% y el 35.56% del SMU. Esto indica que, dependiendo del laboratorio, una mujer puede necesitar gastar una parte considerable de su salario mensual para acceder a esta prueba.

Para mujeres de ingresos bajos o aquellas que dependen únicamente del salario mínimo, el costo de la prueba puede representar una barrera significativa para su realización. Por ejemplo, una prueba que cuesta $160 USD (35.56% del SMU) puede ser prohibitiva para muchas mujeres. Estos resultados subrayan la necesidad de subsidios o programas de apoyo financiero para garantizar que todas las mujeres tengan acceso a pruebas de detección de VPH, independientemente de su situación económica. Aumentar la concienciación sobre la importancia de las pruebas de VPH y el cáncer de cuello uterino puede incentivar a más mujeres a realizarse las pruebas.

5 Conclusión

La investigación ha demostrado que el precio de las pruebas de HPV por Biología Molecular representa una barrera significativa para muchas mujeres en Ecuador, en particular para aquellas de bajos recursos. El alto índice de impacto encontrado (II = 0.84) indica que el costo de estas pruebas no solo afecta su accesibilidad, sino que también influye directamente en las tasas de detección temprana del cáncer de cuello uterino. Esto resalta la urgencia de adoptar medidas que reduzcan el costo de las pruebas y mejoren su disponibilidad en todo el país, sobre todo en áreas más vulnerables.

A través de la aplicación del método multicriterio neutrosófico, se han identificado diversos factores que confluyen en la problemática del acceso a las pruebas. Estos incluyen la relación costo-beneficio, la percepción del valor de las pruebas, y la influencia de iniciativas de financiamiento o subsidios. Las conclusiones del estudio sugieren que un enfoque integral que considere estos diversos aspectos es esencial para mejorar la efectividad de las políticas de salud pública. Implementar recomendaciones basadas en los hallazgos de esta investigación podría facilitar que más mujeres se sometan a pruebas de HPV, aumentando así la detección oportuna del cáncer de cuello uterino y, en consecuencia, mejorando la salud pública en Ecuador.

Referencias

[1] P. A. Cohen, A. Jhingran, A. Oaknin, and L. Denny, "Cervical cancer," *The Lancet,* vol. 393, no. 10167, pp. 169-182, 2019.

[2] K. S. Tewari, "Cervical cancer," *New England Journal of Medicine,* vol. 392, no. 1, pp. 56-71, 2025.

[3] S. K. Ong, S. K. Abe, S. Thilagaratnam, R. Haruyama, R. Pathak, H. Jayasekara, K. Togawa, A. K. Bhandari, A. Shankar, and A. Nessa, "Towards elimination of cervical cancer–human papillomavirus (HPV) vaccination and cervical cancer screening in Asian National Cancer Centers Alliance (ANCCA) member countries," *The Lancet Regional Health–Western Pacific,* vol. 39, 2023.

[4] F. Wei, D. Georges, I. Man, I. Baussano, and G. M. Clifford, "Causal attribution of human papillomavirus genotypes to invasive cervical cancer worldwide: a systematic analysis of the global literature," *The Lancet,* vol. 404, no. 10451, pp. 435-444, 2024.

[5] S. J. Bowden, T. Doulgeraki, E. Bouras, G. Markozannes, A. Athanasiou, H. Grout-Smith, K. S. Kechagias, L. B. Ellis, V. Zuber, and M. Chadeau-Hyam, "Risk factors for human papillomavirus infection, cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer: an umbrella review and follow-up Mendelian randomisation studies," *BMC medicine,* vol. 21, no. 1, pp. 274, 2023.

[6] K. Sharifian, Z. Shoja, and S. Jalilvand, "The interplay between human papillomavirus and vaginal microbiota in cervical cancer development," *Virology Journal,* vol. 20, no. 1, pp. 73, 2023.

[7] P. Pina-Sanchez, "Human papillomavirus: challenges and opportunities for the control of cervical cancer," *Archives of Medical Research,* vol. 53, no. 8, pp. 753-769, 2022.

[8] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[9] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[10] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[11] J. Giráldez‐Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent‐based consumers decision‐making with 2‐tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[12] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[13] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[14] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[15] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[16] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[17] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards,* vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.

[18] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[19] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[20] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[21] A. N. Z. Hoppe, and A. M. M. Zavala, "Microbiota vaginal: composición, factores alteradores y diagnóstico," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 3, pp. 99-111, 2023.

[22] J. d. R. M. Tubón, and M. F. V. Córdova, "Incidencia del HPV en mujeres con relación a cáncer cervicouterino durante el periodo 2017-2022 en el Ecuador," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 3, pp. 112-119, 2024.

[23] M. N. Bowen, and E. C. Velásquez, "Relación del virus del papiloma humano con el cáncer de cervix uterino," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 3, pp. 434-442, 2022.

[24] J. R. Zambrano-Zambrano, "ETS y su evolución en Latinoamérica," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 1, no. 2, pp. 7-11, 2021.

[25] C. D. G. Medina, J. J. S. Contento, and A. J. M. Cevallos, "Prevalencia de infección por virus del herpes simple en gestantes y recién nacidos: factores de riesgo y complicaciones," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 4, pp. 167-182, 2024.

Recibido: noviembre 22, 2024. Aceptado: diciembre 17, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como Circunscripciones Territoriales con Régimen Especial en Ecuador.

Neutrosophical evaluation of the Indigenous Communities as Territorial Circumscriptions with Special Regime in Ecuador.

Marco Antonio Puetate Ayala[1], Carmen Marina Méndez Cabrita[2], Josía Jeseff Isea Argüelles[3], and Julio Juvenal Aldana Zavala[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. dt.marcoapa24@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.carmenmmc56@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.josiaia82@uniandes.edu.ec
[4] Fundación Koinonía, Santa Ana de Coro. Venezuela. julioaldanazavala@gmail.com

Resumen. El objetivo de la investigación es llevar a cabo una evaluación neutrosófica sobre las comunidades indígenas en Ecuador, específicamente en el contexto de las circunscripciones territoriales con régimen especial. Este enfoque permitirá mejor comprender las particularidades y desafíos que enfrentan estas comunidades en relación con su organización social, cultura y derechos territoriales. La evaluación buscará identificar tanto las oportunidades como las limitaciones que las circunscripciones territoriales actuales presentan para el desarrollo sostenible y el fortalecimiento de la identidad cultural indígena. A través del uso del método neutrosófico, se podrá captar la complejidad de las realidades indígenas, considerando no solo los desafíos evidentes, sino también las ambigüedades y matices que caracterizan sus contextos. Esta investigación tiene el potencial de contribuir al reconocimiento y respeto de los derechos de las comunidades indígenas en Ecuador, promoviendo políticas públicas más inclusivas y efectivas. Al abordar la situación desde un enfoque neutrosófico, se podrán formular recomendaciones que aborden las necesidades específicas de estas comunidades y fomenten su autogestión y desarrollo, garantizando así un marco de convivencia armónica y respetuoso en el contexto ecuatoriano.

Palabras Claves: método neutrosófico, circunscripciones territoriales indígenas, estado plurinacional

Abstract. The objective of the research is to carry out a neutrosophic assessment of indigenous communities in Ecuador, specifically in the context of territorial constituencies with a special regime. This approach will allow a better understanding of the particularities and challenges that these communities face in relation to their social organization, culture, and territorial rights. The assessment will seek to identify both the opportunities and limitations that current territorial constituencies present for sustainable development and the strengthening of indigenous cultural identity. Through the use of the neutrosophic method, the complexity of indigenous realities can be captured, considering not only the obvious challenges, but also the ambiguities and nuances that characterize their contexts. This research has the potential to contribute to the recognition and respect of the rights of indigenous communities in Ecuador, promoting more inclusive and effective public policies. By addressing the situation from a neutrosophic perspective, recommendations can be formulated that address the specific needs of these communities and promote their self-management and development, thus guaranteeing a framework for harmonious and respectful coexistence in the Ecuadorian context.

Keywords: neutrosophic method, indigenous territorial constituencies, plurinational state

1 Introducción

La organización territorial durante varios años se ha visto, sumida en la exclusión, la desigualdad y la inequidad. La presencia del Estado en los territorios, se caracterizó por su precariedad, por no decir cuasi inexistencia. Fue este contexto el que ha llevado a pensar y configurar un Estado diferente, por fuera de la estructura histórica centralista, con un enfoque de justicia regional y espacial, a través de políticas que compensen los desequilibrios

en el desarrollo territorial [1].

Hasta hace pocos años, los pueblos indígenas del Ecuador debían conformar organizaciones sociales para obtener personería jurídica y ser reconocidos. Recién a partir de la Constitución Nacional de 1998, el estado ecuatoriano reconoce expresamente a los pueblos indígenas que se autodefinen como nacionalidades, y reconoce sus derechos colectivos. Entre ellos, el derecho a conformar Circunscripciones Territoriales Indígenas (CTI) que serían reconocidas como unidades político-administrativas del estado, y por ende, representan una oportunidad de Gobernanza Indígena [2].

Los derechos de las nacionalidades y pueblos indígenas son reconocidos y garantizados a nivel nacional e internacional, por instrumentos de derechos humanos, tales como el Convenio 169 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) sobre Derechos de los Pueblos Indígenas y Tribales aprobado en 1989; y, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas; y en el Ecuador por la Constitución del 2008 [3].

Luego del levantamiento de la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE), de octubre de 2009, se conformaron una serie de mesas de diálogo entre el Gobierno y la CONAIE. Una de las mesas trató el tema de las Circunscripciones Territoriales Indígenas (CTIs) dentro del proyecto de Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), como finalidad se toma de punto de partida la autodefinición de los pueblos, nacionalidades y comunidades indígenas, afroecuatorianas y montubias como tales, para luego insertarse dentro de la organización política administrativa del Estado y conformar un gobierno autónomo descentralizado dentro de una circunscripción territorial determinada y reconocida, con presupuesto propio, recursos del presupuesto general del Estado y el ejercicio de sus derechos colectivos reconocidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales [4].

El reconocimiento de los derechos colectivos de los indígenas a constituirse en CTI´s responde a un marco jurídico internacional, así como a las luchas de pueblos y nacionalidades por autonomía, y que en Ecuador se reconoce tanto en la Constitución de 1998 como en la de 2008

En Ecuador, estos regímenes se institucionalizan bajo Dictamen de la Corte Constitucional, de conformidad a lo establecido en el COOTAD; en su Artículo 95 sin embargo, tomando en consideración la estructura de las unidades político-administrativas que se articulan al Estado Central, limitarían su accionar autonómico en su base social y económica; especialmente por el manejo de recursos naturales no renovables, pues el reconocimiento de las CTIs se circunscribe a la estructura jurídica estatal [5].

El movimiento indígena ha propuesto al Estado ecuatoriano el reconocimiento de los derechos colectivos, en el que se incluye la Conformación de Circunscripciones Territoriales Indígenas. Ha trascurrido diez y siete años desde su reconocimiento en la constitución, es por eso la importancia de analizar el rol del Estado en la implementación de esta política pública,así como el avance que se ha logrado hasta la actualidad.

Según el Cootad, son regímenes especiales aquellos establecidos por la libre determinación de los pueblos, nacionalidades y comunidades indígenas, afroecuatorianas y montubias en el marco de sus territorios ancestrales. Además, podrán ejercer las competencias del nivel de Gobierno autónomo correspondiente, esto es, de una junta parroquial rural, de un concejo municipal o de un consejo provincial. Incluso, deberán contar con los recursos provenientes del presupuesto general del Estado que les correspondan.

Actualmente hubo cuatro iniciativas de pueblos indígenas para obtener una circunscripción territorial, que legalizaría formalmente el derecho a las tierras ancestrales, como uno de sus derechos está estipulado “conservar y desarrollar sus propias formas de convivencia y organización social, y de generación y ejercicio de la autoridad, en sus territorios legalmente reconocidos y tierras comunitarias de posesión ancestral”. Pese a los avances legales, hasta la fecha en el Ecuador no se han conformado las Circunscripciones Territoriales Indígenas (CTI), ¿Por qué si el Ecuador es un estado plurinacional, no se han conformado Circunscripciones Territoriales Indígenas?

El objetivo de esta investigación es desarrollar una Evaluación neutrosófica sobre la pertinencia de que las comunidades indígenas sean una Circunscripción Territorial, en un Estado plurinacional de derechos, y determinar sus implicaciones en la gestión del territorio determinando competencias del gobierno territorial autónomo correspondiente, conforme lo establece el Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD).

2 Método para la evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como CTI con Régimen Especial en Ecuador

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para la evaluación sobre las Comunidades Indígenas como CTI con Régimen Especial en Ecuador. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica [6] para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información [7].

El método propuesto está diseñado para realizar una evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como Circunscripciones Territoriales con Régimen Especial en Ecuador. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde, a partir de indicadores evaluativos, se define la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones sobre las necesidades actuales de estas comunidades, como parámetro de salida del método.

El método para la evaluación neutrosófica está formado por cuatro actividades básicas: (1) definición de los indicadores evaluativos; (2) determinación de los pesos asociados a los indicadores; (3) agregación de las informaciones; y (5) generación de las evaluaciones):

Actividad 1 definición de los indicadores evaluativos

La actividad de determinación de los indicadores evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los indicadores para la evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como CTI con Régimen Especial en Ecuador, a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso. Para convocar el panel expertos que evalúe la pertinencia de que las comunidades indígenas sean reconocidas como circunscripciones territoriales en un Estado plurinacional de derechos, es fundamental considerar ciertas características y criterios de inclusión.

Los expertos deben poseer un profundo conocimiento sobre el marco legal que rige las comunidades indígenas en Ecuador, especialmente en relación con el Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD), así como experiencia en derechos humanos y plurinacionalidad. Idealmente, se debe incluir a profesionales que hayan trabajado directamente con comunidades indígenas, lo que les otorga una comprensión práctica de sus realidades y desafíos. Además, es recomendable que los miembros del panel representen diversas disciplinas, tales como sociología, antropología, derecho, políticas públicas y gestión territorial, garantizando así una visión multidimensional del tema.

También es importante evaluar la capacidad de los expertos para trabajar en contextos colaborativos y participativos, dado que la inclusión de voces indígenas en el proceso es esencial para reflejar verdaderamente las necesidades y aspiraciones de estas comunidades. Se sugiere un enfoque que valore la diversidad cultural y étnica en la selección de expertos, promoviendo así un panel que no solo sea académico, sino que también represente la pluralidad del tejido social ecuatoriano. Se recomienda convocar y reunir entre 5 expertos que participen en el proceso.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores

A partir de los indicadores obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea la utilización de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de las informaciones:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [8], [9], [10], [11].

Definición 1: Operador T-norma. Un operador $T: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $T(x,y) = T(y,x)$.
2. Asociativa $T(x, T(y,z) = T(T(x,y), Z)$.
3. Monótono creciente $T(x,y) > T(x,y)$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$.
4. Elemento neutro $T(x,1) = x$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado, [12], [13], [14] .

Definición 2: Operador OWA. Una función $F: R^n \rightarrow R$, es un operador OWA de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n tal que sus componentes satisfagan [15], , :

1) $W_j \in [0,1]$,
2) $\sum_{j=1}^{n} W_j = 1$, y
3) $F(a_1, a_2, , , a_n) = \sum_{j=1}^{n} W_j b_j$

Donde b_j es el J-ésimo más grande de los a_j.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$F(a_1, a_2 .. a_n) = W^t B \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [16, 17]:

Sean:

$N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [18], [19], [20], :

$$v\,(p)\;=\;(T,I,F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1,\mathrm{a}_2..\mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W}_{(\mathrm{T,I,F})}{}^{\mathrm{t}}\mathrm{B}_{(\mathrm{T,I,F})} \tag{3}$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [21-23]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [24-27].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso. Representan las informaciones la salida del método que determina la pertinencia de que las comunidades indígenas de Ecuador sean una Circunscripción Territorial con Régimen Especial.

3 Implementación del método para la evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como CTI con Régimen Especial en Ecuador

La presente sección describe una ejemplificación de los resultados, en el cual es posible aplicar el método propuesto. El estudio se realiza para la evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como CTI con Régimen Especial en Ecuador. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores.

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Durante el proceso de obtención de información para la definición de los indicadores evaluativos, se obtuvo como resultado un total de 5 indicadores. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Indicadores evaluativos.

ID	Indicador	Descripción
C_1	Reconocimiento de derechos culturales y territoriales	Este criterio evalúa si el reconocimiento de las comunidades indígenas como circunscripciones territoriales respeta y promueve sus derechos culturales y territoriales. Se debe considerar la importancia de la tierra y el territorio para la identidad cultural, espiritual y social de las comunidades. Además, se debe analizar cómo este reconocimiento contribuiría a la conservación y revitalización de sus tradiciones y costumbres.
C_2	Participación y autonomía	Este criterio se centra en la capacidad de las comunidades indígenas para ejercer su autonomía y participar en la toma de decisiones que afectan su vida y su territorio. Se evaluará el grado de inclusión de las comunidades en los procesos de planificación y gestión territorial, así como su capacidad para establecer sus propias normativas y estructuras de gobierno que reflejen sus sistemas de organización y gobernanza.
C_3	Sostenibilidad del desarrollo	Este criterio examina si la designación de las comunidades indígenas como circunscripciones territoriales con régimen especial facilitaría un desarrollo sostenible que respete sus formas de vida y prácticas tradicionales. Se considerarán los impactos económicos, sociales y ambientales de dicha designación, así como la posibilidad de promover modelos de desarrollo que sean coherentes con sus principios y valores.
C_4	Acceso a servicios y recursos	Este criterio evalúa cómo la titularidad de circunscripciones territoriales podría mejorar el acceso de las comunidades indígenas a servicios básicos, recursos naturales y oportunidades económicas. Se analizará la capacidad de las

ID	Indicador	Descripción
		comunidades para gestionar estos recursos de manera sostenible y equitativa, y cómo un régimen especial podría facilitar su acceso y control sobre los mismos.
C_5	Fortalecimiento de la identidad y cohesión social	Este criterio se enfoca en la relevancia de la circunscripción territorial para el fortalecimiento de la identidad indígena y la cohesión social dentro de las comunidades. Se evaluará cómo este reconocimiento puede contribuir a un sentido de pertenencia, unidad y solidaridad entre los miembros de la comunidad, así como su capacidad para enfrentar desafíos externos y preservar su identidad frente a procesos de asimilación cultural.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. Para el proceso se consultaron cinco expertos los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada indicador. La tabla 2 muestra los resultados obtenido después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los indicadores.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[0.8, 0.25,0.10]
C_2	[0.95, 0.25,0.15]
C_3	[1, 0.10,0.10]
C_4	[0.75, 0.15,0.10]
C_5	[1, 0.10,0.10]

Actividad 3 agregación de las informaciones:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los indicadores y las preferecias obtenidas, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.8, 0.25,0.10]	[1, 0.10,0.15]	[0.9, 0.25,0.15]
C_2	[0.95, 0.25,0.15]	[1, 0.10,0.15]	[0.97, 0.25,0.15]
C_3	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[1, 0.10,0.10]
C_4	[0.75, 0.15,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]	[0,82, 0.10,0.15]
C_5	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[1, 0.15,0.10]
Índex			[0.94, 0.25,0.15]

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

A partir del análisis mostrados la tabla 3, se genera la evaluación donde se identifica que el índice de estimación para la evaluación neutrosófica sobre las Comunidades Indígenas como Circunscripciones Territoriales con Régimen Especial en Ecuador, obteniendo un resultado de un 0.94, representando un alto índice, lo que determina que es favorable la evaluación sobre la pertinencia de que las Comunidades Indígenas sean una Circunscripción Territorial con Régimen Especial en Ecuador.

4 Discusión

Las Circunscripciones Territoriales Indígenas (CTI) son consideradas parte de los regímenes especiales de gobierno y administración del territorio, constituidas por razones de población, étnico culturales o de conservación ambiental, menciona que en términos de organización territorial, incorpora las CTI y las afro ecuatorianas junto con las ya existentes de provincias, cantones y parroquias. En este sentido, los legisladores ecuatorianos respondieron a la presión del movimiento indígena para incluir una fórmula ya considerada, en el presenta trabajo de investigación tiene una concordancia con lo mencionado, debido a que se observa que las entidades territoriales indígenas como instancias autónomas de gobierno territorial, deberían beneficiarse de fondos del presupuesto nacional [1]. No obstante, dichas circunscripciones no han llegado a funcionar por diversos motivos, entre ellos,

la falta de legislación secundaria que establezca los procedimientos para su conformación, sus competencias, financiamiento y otros, y (aunque suene contradictorio) el temor de las organizaciones indígenas de perder autonomía por depender normativa y financieramente del Estado.

La iniciativa para constituir un CTI puede provenir de los miembros de un Pueblo o Nacionalidad, o bien de su Gobierno Autónomo Descentralizado correspondiente. De acuerdo a la recolección de datos obtenidos, se puede demostrar que efectivamente no se conoce ni se han conformado aun Circunscripciones Territoriales Indígenas en el Ecuador en pleno 2024, que tengan un marco amplio de competencias, autonomía, y que aún no existe el suficiente apoyo por parte del estado para impulsar la conformación. Ahora bien, que tanto el Estado ecuatoriano ha intervenido para la conformación de las CTI, es la primera pregunta al que se debería dar respuesta. Dado a esto es importante recalcar que el derecho al territorio y la autonomía, son elemento básico para que exista el auto gobierno comunitario en las circunscripciones territoriales, no puede haber democracia comunitaria sin autogobierno, así como no puede haber democracia comunitaria sin reconocimiento de territorios indígenas [3].

El Dr. Juan Montaña, motivado constitucionalista menciona que "El problema de autonomías y Gobiernos comunitarios es desde la elaboración de la Constitución del año 2008, se tenía claro que la autonomía indígena se tenía que hacer referencia a un determinado territorio, que no era un espacio solo físico, el territorio indígena está fragmentado. La respuesta que se intentó dar fue vincular el territorio indígena con las parroquias, para que aquellas parroquias que tengan más del 50 por ciento de población indígena, deban operar mediante el autogobierno indígenas conformándose a través delas circunscripciones territoriales indígenas.

Al realizar el análisis mediante los datos estadísticos recolectados en relación al estado Plurinacional de Derechos, se obtiene que las comunidades indígenas enmarcadas con el Estado deben ser prioridad, tanto para obtener autonomía política y administrativa, como garantizar sus derechos ancestrales, y al realizar una comparativa con Guamán, se menciona que la coyuntura reciente de conformación de la CTIs implica un replanteo en la relación con el Estado, marcada por una larga historia de desencuentros y conflictos. La decisión de las nacionalidades Achuar y Kichwa de involucrarse desde el 2009 en el proceso de creación de las CTIs, a diferencia de los Kichwa de Napo y Loreto, responde a sus propias estrategias, que buscan consolidar sus procesos de autogestión territorial y autogobierno, así como afianzar la construcción de un Estado plurinacional e intercultural en el país [3].

En años atrás se inició cuatro iniciativas para que las comunidades indígenas conformen una CTI, sin embargo, no dio pasa más allá de hablar de "iniciativa", en la cual los datos manifestaron que fue escasa la información impartida sobre este tema, y que en la población no se dio mayor relevancia. Al realizar el análisis jurídico dentro de la investigación se evidencia, las existencias de múltiples actores con competencias que no se encuentren claramente definidas y al no disponer de una estructura que coordine todo el procedimiento, dificulta el manejo de información, esto trae como consecuencia el retraso de todas las iniciativas propuestas.

Dentro de las Circunscripciones Territoriales Indígenas, y la infinita lucha diaria de lograr autonomía por parte de las comunidades, se ha estancado dentro un circulo de incumplimiento, falta de apoyo por parte del Estado, siendo limitante conformar y avanzar en un desarrollo plurinacional, al recabar información sobre beneficios que tendrían las comunidades indígenas, se observa que no existe mayor relevancia o impulso de la norma que efectivice el objetivo principal al mencionar un estado plurinacional.

El marco jurídico establecido por la Constitución del 2008, así como las nuevas leyes vigentes, tales como el COOTAD y el Decreto Ejecutivo Nº1168, han posibilitado la apertura de espacios de participación y debate en torno a demandas indígenas represadas desde hace más de 30 años, y más concretamente han abierto la posibilidad de conformar de gobiernos autónomos indígenas y el ejercicio del derecho de autodeterminación. Sin embargo, el proceso existente hasta ahora en torno a la conformación de las CTIs en la Ecuador, revela las contradicciones y ambigüedades de la acción estatal, así como las posturas confusas y conflictos a lo interno de muchas organizaciones locales [28].

Ahora bien, al recolectar información mediante datos estadísticos se puede mencionar que para construir la plurinacionalidad y desarrollar un proyecto que defina las necesidades de las circunscripciones territoriales, debe darse una dialogo verdadero entre el Gobierno y los indígenas. El Gobierno debe reconocerla diferencia; la inclusión social no puede partir por desconocerla. Cuando uno primero remarca su diferencia, marca su libertad, su configuración su identidad [29].

Bajo esta perspectiva del dialogo es necesario para buscarlos mecanismo de conformación de la CTI. El Estado ecuatoriano debe actuar como ente rector, en donde se ejecute como una política pública, con presupuesto y con todas las facilidades para su implementación.

5 Conclusión

La implementación del método neutrosófico en esta investigación ha permitido llevar a cabo una evaluación exhaustiva sobre la pertinencia de que las comunidades indígenas sean reconocidas como circunscripciones territoriales con régimen especial en Ecuador. Con un índice de estimación de 0.91, que refleja un alto nivel de favo-

rabilidad, los resultados obtenidos indican que este reconocimiento sería beneficioso para las comunidades indígenas. Esta evaluación subraya la importancia de considerar las realidades sociales, culturales y territoriales de estas comunidades, así como su derecho a la autonomía y a la gestión de sus propios recursos. En definitiva, la investigación respalda la necesidad de políticas que reconozcan y fortalezcan la identidad y el bienestar de las comunidades indígenas dentro del marco del Estado plurinacional, promoviendo así un desarrollo más justo y sostenible en el país.

La Constitución y demás normas que forman parte del marco jurídico establecen principios, pautas y procedimientos básicos para el impulso de los gobiernos autónomos indígenas. Sin embargo, la debilidad institucional, la falta de voluntad política por parte de entidades estatales, se traduce en agendas postergadas, propósitos e intenciones sin fundamento, y en compromisos pendientes. Esto agrava y se manifiesta por la altísima rotación de personal y la falta de recursos o presupuestos asignados que en la práctica deja huérfanos a las organizaciones indígenas de un adecuado acompañamiento a todo el proceso de formación de las CTI.

En el proceso de las CTI en el Ecuador se evidencia la ambigüedad de las políticas en un Estado en fase de transición, frente a una práctica política donde aún priman los prejuicios y las prioridades por satisfacer los intereses del capital por controlar y explotar los recursos existentes dentro de los territorios indígenas ancestrales, por lo que es importante construir un proyecto que defina las necesidades de las circunscripciones territoriales, dándose un dialogo verdadero entre el Gobierno y los indígenas que permita fijar límites internos para ubicar los espacios geográficos denominados como circunscripciones territoriales indígenas, en donde las nacionalidades, pueblos y comunidades ejerzan directamente su autodeterminación, elijan su autoridad, consoliden su organización, definan competencias y facultades, para su pleno, autónomo y eficaz desarrollo.

Referencias

[1] J. C. Abad Llerena, "Gobiernos Autónomos Descentralizados: Análisis de la Constitución del 2008 y aplicación del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización," Universidad del Azuay, 2012.

[2] M. Gonzáles, and A. Burguete, *La autonomía a debate Autogobierno indígena y Estado plurinacional en América Latina*: FLACSO, Sede Ecuador: Cooperación Técnica Alemana-GTZ: Grupo Internacional …, 2010.

[3] S. C. Malliquinga, "Los pueblos indígenas del Ecuador desde la perspectiva del Estado: un análisis crítico a partir del paro nacional de 2022," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 5, pp. 519-538, 2022.

[4] M. B. C. Frixone, "Pluralismo jurídico en el Ecuador¿ existencia de una verdadera aplicabilidad en el ámbito penal?," *USFQ Law Review,* vol. 2, no. 1, pp. 207-230, 2015.

[5] R. Lalander, and P. Ospina Peralta, "Movimiento indígena y revolución ciudadana en Ecuador," *Cuestiones políticas,* vol. 28, no. 48, pp. 13-50, 2012.

[6] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[7] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[8] J. Montero, D. Gómez, V. López, R. Tinguaro, and V. Begoña, "Sobre funciones y reglas de agregación," *XV Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy*, 2010.

[9] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[10] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[11] J. M. Merigó, D. Palacios-Marqués, and P. Soto-Acosta, "Distance measures, weighted averages, OWA operators and Bonferroni means," *Applied Soft Computing,* vol. 50, pp. 356-366, 2017.

[12] O. U. Lenz, D. Peralta, and C. Cornelis, "Scalable approximate FRNN-OWA classification," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2019.

[13] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[14] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, R. G. Rodríguez, and O. M. Cornelio, "La neuroeducación en la formación docente," *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual" ALCON",* vol. 4, no. 1, pp. 24-36, 2024.

[15] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[16] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[19] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[20] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[21] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[22] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[23] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[24] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[25] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[26] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[27] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[28] O.-T. Pablo, "El laberinto de la autonomía indígena en el Ecuador: las circunscripciones territoriales indígenas en la Amazonía Central, 2010–2012," *Latin American and Caribbean Ethnic Studies,* vol. 10, no. 1, pp. 60-86, 2015.

[29] S. Kingman, "Entre la asimilación y la diferencia: la Asamblea Constituyente y los territorios indígenas," *Íconos-Revista de Ciencias Sociales*, no. 32, pp. 25-29, 2008.

Recibido: noviembre 23, 2024. Aceptado: diciembre 18, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025

University of New Mexico

Conexiones entre Epistemología Andina y Lógica Neutrosófica: Evaluando los Modelos Fundacionales en la Complejidad Cultural.

Connections between Andean Epistemology and Neutrosophic Logic: Evaluating Foundational Models in Cultural Complexity.

Maikel Y. Leyva Vázquez[1,2], Florentin Smarandache[3]

[1] Universidad Bolivariana del Ecuador, Guayas. Ecuador. myleyvav@ube.edu.ec
[2] Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador. maikel.leyvav@ug.edu.ec
[3] Profesor Emérito de Matemáticas en la Universidad de Nuevo México, Gallup , Nuevo México, EE.UU. smarand@unm.edu

Resumen: Este artículo explora el potencial de la epistemología andina -enraizada en los principios de complementariedad (yanantin), interdependencia e indeterminación- para enriquecer la ciencia contemporánea y la inteligencia artificial (IA). Al trascender la lógica binaria mediante conceptos como ch'ixi (coexistencia simultánea de opuestos) y yanantin, el pensamiento andino se alinea con la lógica neutrosófica de Florentin Smarandache, un sistema que formaliza la verdad (T), la falsedad (F) y la indeterminación (I) para navegar por la ambigüedad. El multialismo de Smarandache, que hace hincapié en la coexistencia de múltiples perspectivas, resuena además con la cosmovisión andina, ofreciendo un marco para reinterpretar la mitología y el folclore más allá de las dualidades rígidas. La integración de estos principios en la IA podría fomentar sistemas que manejen mejor la incertidumbre, el contexto cultural y la complejidad ética. Sin embargo, modelos actuales como el GPT-4 presentan limitaciones críticas: sesgos hacia la sobreestimación de los valores de verdad (T) y la agrupación artificial de la indeterminación (I ≈ 0,7), aplanando conceptos matizados como yanantin y ch'ixi. Además, la baja similitud semántica (coseno = 0,17) entre las justificaciones generadas por la IA y los textos andinos originales revela lagunas a la hora de replicar la terminología cultural y el razonamiento relacional, lo que subraya la necesidad de un diseño de IA basado en la epistemología. El trabajo futuro debería priorizar la ampliación de los conjuntos de datos con ejemplos contextualizados -incluidas las variaciones regionales, las prácticas rituales y las escalas neutrosóficas (T, I, F)-, el empleo de modelos lingüísticos avanzados alineados con las anotaciones epistemológicas andinas y la integración de estrategias híbridas de posprocesamiento, como el ajuste fino bilingüe (quechua/español) y la colaboración de expertos para una validación cultural y técnicamente rigurosa. Al establecer un puente entre la filosofía andina y los marcos neutrosóficos de Smarandache, esta investigación aboga por una IA culturalmente inclusiva capaz de honrar cosmovisiones pluralistas, fomentar sistemas de conocimiento equitativos y hacer avanzar tecnologías que sirvan a la humanidad y al planeta de forma holística.

Palabras clave: Epistemología andina, neutrosofía, inteligencia artificial, ch'ixi, yanantin

Abstract: This paper explores the potential of Andean epistemology - rooted in the principles of complementarity (yanantin), interdependence and indeterminacy to enrich contemporary science and artificial intelligence (AI). By transcending binary logic through concepts such as ch'ixi (simultaneous coexistence of opposites) and yanantin, Andean thought aligns with Florentin Smarandache's neutrosophic logic, a system that formalizes truth (T), falsity (F) and indeterminacy (I) to navigate ambiguity. Smarandache's multialism, which emphasizes the coexistence of multiple perspectives, further resonates with the Andean cosmovision, offering a framework for reinterpreting mythology and folklore beyond rigid dualities. Integrating these principles into AI could foster systems that better handle uncertainty, cultural context, and ethical complexity.

However, current models such as GPT-4 present critical limitations: biases toward overestimation of truth values (T) and artificial clustering of indeterminacy (I ≈ 0.7), flattening nuanced concepts such as yanantin and ch'ixi. Furthermore, the low semantic similarity (cosine = 0.17) between AI-generated justifications and the original Andean texts reveals gaps in replicating cultural terminology and relational reasoning, underscoring the need for epistemology-based AI design. Future work should prioritize expanding datasets with contextualized examples-including regional variations, ritual practices, and neutrosophic scales (T, I, F)-employing advanced linguistic models aligned with Andean epistemological annotations, and integrating hybrid post-processing strategies such as bilingual (Quechua/Spanish) fine-tuning and expert collaboration for culturally and technically rigorous validation. By bridging Andean philosophy and Smarandache neutrosophic frameworks, this research advocates for a culturally inclusive AI capable of honoring pluralistic worldviews, fostering equitable knowledge systems, and advancing technologies that serve humanity and the planet holistically.

Keywords: Andean epistemology, neutrosophy, artificial intelligence, ch'ixi, yanantin.

1. Introducción

El marco aristotélico de la lógica de dos valores, que clasifica los fenómenos en oposiciones binarias (verdadero/falso, existencia/no existencia), ha influido profundamente en el pensamiento científico y filosófico occidental [1]. Aunque este paradigma ha permitido avances sistemáticos, su rigidez a menudo tiene dificultades para dar cabida a la complejidad, fluidez e interdependencia inherentes a muchos sistemas naturales y culturales [2]. La investigación interdisciplinar contemporánea pone cada vez más de relieve las limitaciones de los modelos binarios, sobre todo en campos como la física cuántica, la ecología y los estudios decoloniales de , en los que la indeterminación, la reciprocidad y la hibridez ocupan un lugar central [3-5]. Este creciente reconocimiento subraya la urgencia de explorar marcos lógicos alternativos que trasciendan las dicotomías tradicionales.

Las ontologías no occidentales, como las epistemologías andina y aymara, ofrecen ricas herramientas conceptuales para repensar la realidad a través de principios de complementariedad y equilibrio dinámico. Por ejemplo, el concepto andino de ch'ixi -un término quechua que describe la coexistencia de opuestos sin síntesis, similar a un tejido moteado de colores contrastantes (Figura 1)- cuestiona los binarios estáticos al afirmar la existencia y la no existencia simultáneas [6,7]. Del mismo modo, Ayni, un principio de interdependencia recíproca, replantea las relaciones no como dualidades jerárquicas, sino como interacciones que se sostienen mutuamente [8]. Estas ideas resuenan con la lógica neutrosófica moderna, propuesta por Smarandache [9], que introduce un tercer valor indeterminado (ni verdadero ni falso) en los sistemas formales, lo que permite modelar con matices la paradoja y la ambigüedad.

A pesar de estos paralelismos, la integración de los sistemas de conocimiento indígenas con la lógica formal sigue siendo poco explorada, a menudo obstaculizada por las divisiones epistemológicas entre las tradiciones occidentales y no occidentales [10]. Mientras que algunos académicos defienden la universalidad de la lógica clásica [11], otros abogan por marcos pluralistas que respeten las diversas perspectivas ontológicas [12,13]. Este estudio aborda este debate examinando cómo las epistemologías andina y aymara se alinean con la lógica neutrosófica, postulando que su convergencia ofrece herramientas transformadoras para abordar la complejidad en campos que van desde la inteligencia artificial a los estudios culturales[14].

Figura 1. Tapiz Ch'ixi Tapiz Ch'ixi que ilustra la yuxtaposición de colores contrastados, encarnando la coexistencia sin síntesis.
Autores: Edward Cooper y Bernardo Jarrín
Fuente: https://www.grafitat.com/2012/08/08/chxi-la-yuxtaposicion-de-los-contrastes/

El objetivo de este trabajo es doble: (1) demostrar las sinergias estructurales y filosóficas entre las ontologías indígenas sudamericanas y la lógica neutrosófica, y (2) ilustrar su potencial colectivo para fomentar enfoques más inclusivos e interdisciplinarios del conocimiento. A través del análisis de mitos andinos, rituales y fuentes textuales, argumentamos que principios como el ch'ixi y el Ayni prefiguran las innovaciones lógicas modernas, enfatizando el equilibrio y la indeterminación por encima de los binarios excluyentes. Nuestros hallazgos sugieren que tender puentes entre estas tradiciones no sólo enriquece la teoría lógica, sino que también apoya los esfuerzos decoloniales por diversificar los paradigmas epistemológicos en el mundo académico.

2. Sección Preliminar

2.1 Epistemología andina y lógica neutrosófica

Este artículo explora las implicaciones de la epistemología andina -integrada en las tradiciones culturales y filosóficas de los pueblos indígenas andinos- para los sistemas lógicos contemporáneos. A diferencia de los marcos occidentales basados en la lógica binaria aristotélica [1], el pensamiento andino trasciende la dicotomía "ser/no ser", haciendo hincapié en los principios de complementariedad (yanantin) y coexistencia (ch'ixi) [2]. Esta perspectiva interpreta la realidad como una interacción dinámica de opuestos y no como categorías mutuamente excluyentes. El área cultural andina (Figura 2), que coincide con la extensión territorial del Imperio Inca, abarca los actuales Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina [15], lo que pone de manifiesto la amplia influencia de sus principios epistemológicos.

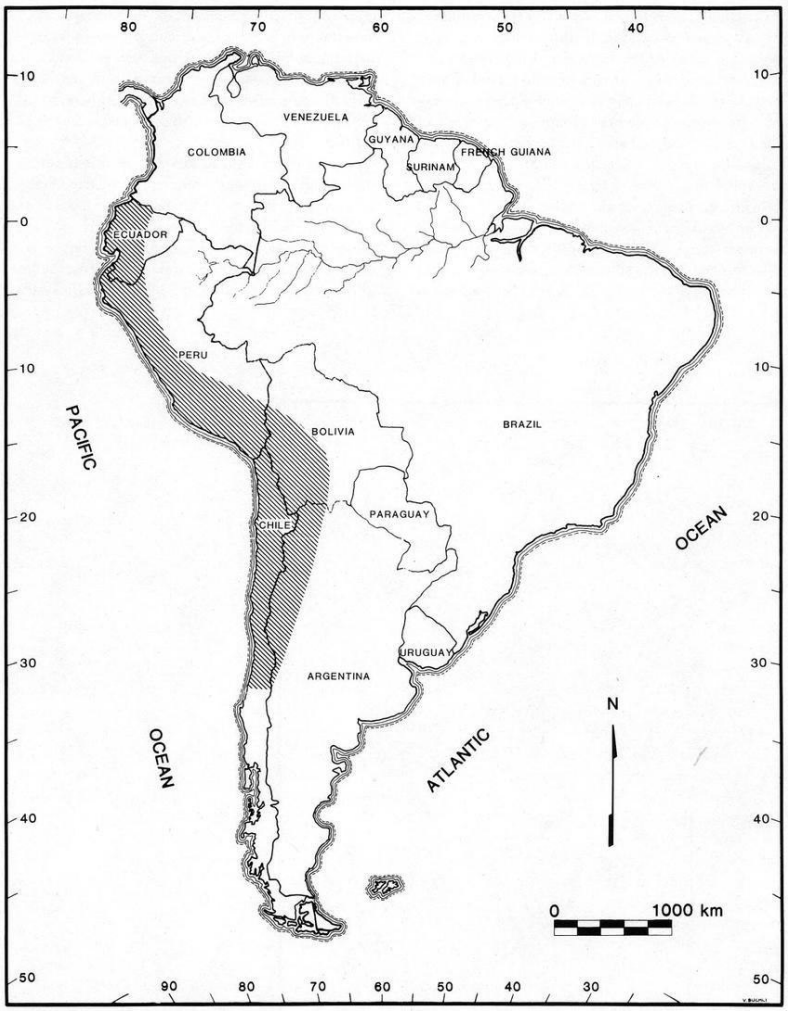

Figura 2. Representación del área cultural andina [15].

Un elemento central de la epistemología andina es el concepto aymara de ch'ixi, un estado en el que los opuestos coexisten sin síntesis [6]. Este principio se alinea con la lógica neutrosófica [16, 17], que introduce un tercer valor (indeterminación) para modelar realidades complejas. Matemáticamente, se expresa como

$$N(x) = (T_x, I_x, F_x)$$

donde T_x, I_x , y F_x Representan grados de verdad, indeterminación y falsedad, respectivamente .

El yanantin, otro pilar de la cosmología andina, afirma que los opuestos (por ejemplo, hanan/hurin, masculino/femenino) no son contradictorios sino complementarios [18, 19]. Este principio rechaza las jerarquías y se manifiesta en rituales y prácticas sociales que equilibran las dualidades [20-22]. El multialismo -una extensión de la lógica neutrosófica- formaliza esta interdependencia mediante:

$$\langle (multi)A \rangle + \langle (multi)neutA \rangle + \langle (multi)antiA \rangle = \infty \quad (2)$$

captar la coexistencia dinámica de elementos afirmativos, neutros y opuestos .

Los mitos andinos no perciben el mundo en términos absolutos de bien y mal, sino que enfatizan el equilibrio y la reciprocidad, conocidos como Ayni. Esta perspectiva se alinea con la neutrosofía, que reconoce la coexistencia de la verdad, la falsedad y la indeterminación, ofreciendo una comprensión más inclusiva y holística del universo. En la cultura andina, los rituales suelen integrar elementos que mezclan lo sagrado y lo profano, lo humano y lo divino. La neutrosofía sugiere que estas prácticas reflejan la necesidad intrínseca de la humanidad de navegar por la incertidumbre y la ambigüedad a través de narrativas y expresiones culturales híbridas [23].

2.2 Relación entre la epistemología andina y la inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) lucha con la ambigüedad y los contextos culturales debido a su dependencia de la lógica binaria [1]. La epistemología andina, junto con la lógica neutrosófica, ofrece herramientas para abordar estas limitaciones:

- Ch'ixi e IA: al reconocer las verdades simultáneas, el ch'ixi podría mejorar el procesamiento del lenguaje natural en entornos interculturales.
- Ayni (Reciprocidad): Este principio hace hincapié en las relaciones contextuales, instando a los modelos de IA a tener en cuenta las interdependencias en el análisis predictivo.

Tabla 1. Sesgos debidos a la exclusión de la epistemología andina

Sesgo	Impacto
Lógica binaria	Simplifica en exceso las decisiones en contextos culturalmente complejos.
Falta de contextualización	Ignora la dinámica social de las comunidades indígenas.
Exclusión del conocimiento no occidental	Limita la diversidad epistemológica en la IA.
Incapacidad para gestionar la incertidumbre	Errores en campos como la medicina o la justicia.

Integrar los marcos andinos en la IA fomenta sistemas más inclusivos y éticos. Por ejemplo, los modelos informados por Ayni podrían priorizar el equilibrio comunitario sobre la optimización individualista.

2. Materiales y

Conjunto de datos

Este estudio utilizó un conjunto de datos de 20 enunciados filosóficos andinos, cada uno evaluado utilizando un marco neutrosófico (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F) con justificaciones académicas/culturales. El conjunto de datos se obtuvo a partir de una combinación de entrevistas a expertos y una exhaustiva revisión bibliográfica. En el Cuadro 2 se presenta un resumen estructurado del conjunto de datos.

Tabla 2. Extracto del conjunto de datos

ID	Declaración filosófica andina (español)	T	I	F	Justificación unificada (puntos clave)
1	"El ch'ixi representa la coexistencia de lo indígena y lo colonial sin síntesis".	0.8	0.3	0.1	T: Rivera Cusicanqui (2012). I: Ambigüedad en contextos urbanos. F: Raras críticas.
2	El yanantin solo se aplica a la dualidad hombre-mujer en comunidades aymaras	0.4	0.1	0.6	T: Estudios de género (Arnold y Yapita, 2006). F: Yanantin se extiende a la ecología (Estermann, 2006).
3	"El ayni es una práctica obsoleta en las ciudades modernas andinas".	0.2	0.5	0.8	T: El ayni simbólico persiste (Canessa, 2012). F: Prospera en redes informales (Stobart, 2020).
4	"Los rituales de la Pachamama garantizan cosechas abundantes científicamente".	0.3	0.6	0.5	T: Validez etnobotánica (Bastien, 1987). F: Sin correlación científica directa.
5	"El concepto de suma qamaña (vivir bien) rechaza el desarrollo económico".	0.5	0.4	0.4	T: Critica el desarrollismo (Huanacuni, 2010). F: Existen modelos híbridos.
...	*. [Truncado por brevedad]*	...	...	...	...

Cada afirmación se evaluó utilizando las siguientes preguntas con el modelo GPT-4 [24]:

- Valor de Verdad: "Evalúe la siguiente afirmación: [enunciado]. Basándose en fuentes académicas o pruebas culturales documentadas, asigne un valor de verdad entre 0 y 1, donde 0 indica que la afirmación es completamente falsa y 1 indica que es completamente cierta. Proporcione sólo el valor numérico sin más explicaciones".
- Valor de indeterminación: "Asigne un valor numérico de indeterminación entre 0 y 1 a la siguiente afirmación: [enunciado], donde 0 representa la certeza absoluta y 1 indica la máxima incertidumbre, basándose en la existencia de debates académicos, variaciones culturales y disponibilidad de pruebas documentadas. Devuelva sólo el valor numérico".
- Justificación: "Analiza el siguiente enunciado: [enunciado]. Asigne valores numéricos entre 0 y 1 a los siguientes criterios:
  - T (Verdad): Indique en qué medida la afirmación es cierta según fuentes académicas o pruebas culturales documentadas.
  - I (Indeterminación): Evalúe el grado de ambigüedad o falta de claridad del enunciado.
  - F (Falsedad): Determina hasta qué punto la afirmación es falsa según fuentes académicas o pruebas culturales documentadas.
  - Justifique detalladamente cada valor asignado, citando las referencias académicas o culturales pertinentes."
  - El conjunto de datos resultante se analizó mediante un script de Python. El script realizó los siguientes análisis:

- Análisis de correlación: Se calculó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman[25] para evaluar las relaciones entre los valores de verdad (T), indeterminación (I) y falsedad (F) asignados por los humanos y la GPT-4[24].
- Análisis de regresión: Se calcularon el error absoluto medio (MAE), el error cuadrático medio (MSE) y la R cuadrada (R2) para evaluar la concordancia entre los valores asignados a los humanos y a la GPT-4 [26].
- Análisis de la distribución: Se utilizaron gráficos de estimación de densidad de kernel para visualizar las distribuciones de los valores asignados por humanos y los asignados por GPT-4.
- Análisis de componentes principales (ACP) y agrupación: Se utilizó el ACP para reducir la dimensionalidad de los datos y se realizó una agrupación de K-means para identificar posibles agrupaciones de declaraciones [27].
- Análisis de similitud semántica: Para evaluar la similitud semántica entre las justificaciones generadas por humanos y las generadas por GPT-4 se generaron embebimientos de frases utilizando el modelo "paraphrase-MiniLM-L6-v2" [28]. Para cuantificar la similitud se utilizó la similitud coseno[29].

3. Resultado

Los datos resultantes se obtienen utilizando el modelo GPT-4, un extracto se muestra a continuación (Tabla 3)

Tabla 3. Resultados de athe aproicacion od GPT-4

ID	GPT4_T	GPT4_I	GPT4_F	GPT4 Justificación (Puntos clave)
1	0,9	0,2	0,1	T=0.9: Teoría validada. I=0,2: Concepto claro. F=0.1: Consenso académico.
2	0,3	0,2	0,7	T=0,3: Ámbito de aplicación demasiado reducido. F=0.7: Aplicación cultural más amplia (Classen, 1993).
3	0,3	0,2	0,7	F=0.7: Se adapta a contextos urbanos.
4	0,1	0,2	0,9	F=0.9: No hay pruebas empíricas.
5	0,7	0,3	0,3	T=0.7: Crítica de los modelos occidentales (Gudynas, 2011).
...	*[Truncado por brevedad]*	...	...	...

Análisis de la distribución de datos

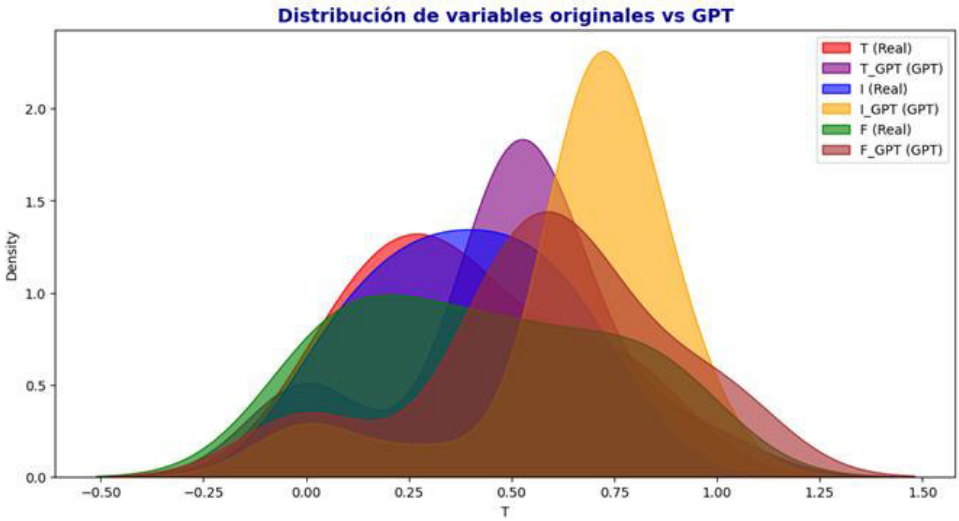

Figura 3. Distribución de variables reales frente a variables GPT

El análisis comparativo del histograma de puntuaciones neutrosóficas reales y generadas por GPT (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F) revela tanto alineamiento como divergencia en las distribuciones de valores. Mientras que ciertos rangos muestran similitud, las discrepancias sistemáticas son evidentes. En el caso de la Verdad (T), las puntuaciones generadas por GPT se inclinan hacia valores más altos (por ejemplo, agrupándose cerca de 0,8-1,0) en comparación con el conjunto de datos original, que muestra una distribución más amplia en rangos moderados. En Indeterminación (I), los resultados de GPT se concentran mucho en torno a 0,7, lo que contrasta con la distribución más dispersa de los datos reales (0,3-0,9). Del mismo modo, las puntuaciones de Falsedad (F) generadas por GPT muestran una propensión a los valores extremos (cerca de 1,0), mientras que las puntuaciones asignadas por los humanos están distribuidas de forma más uniforme. Estos patrones sugieren la tendencia de la GPT a amplificar la certeza (T alta) y la ambigüedad (I agrupada), al tiempo que enfatiza en exceso las falsedades definitivas (F extrema), desviándose de la variabilidad matizada observada en las evaluaciones humanas culturalmente contextualizadas.

Interpretación de los resultados del ACP y la agrupación

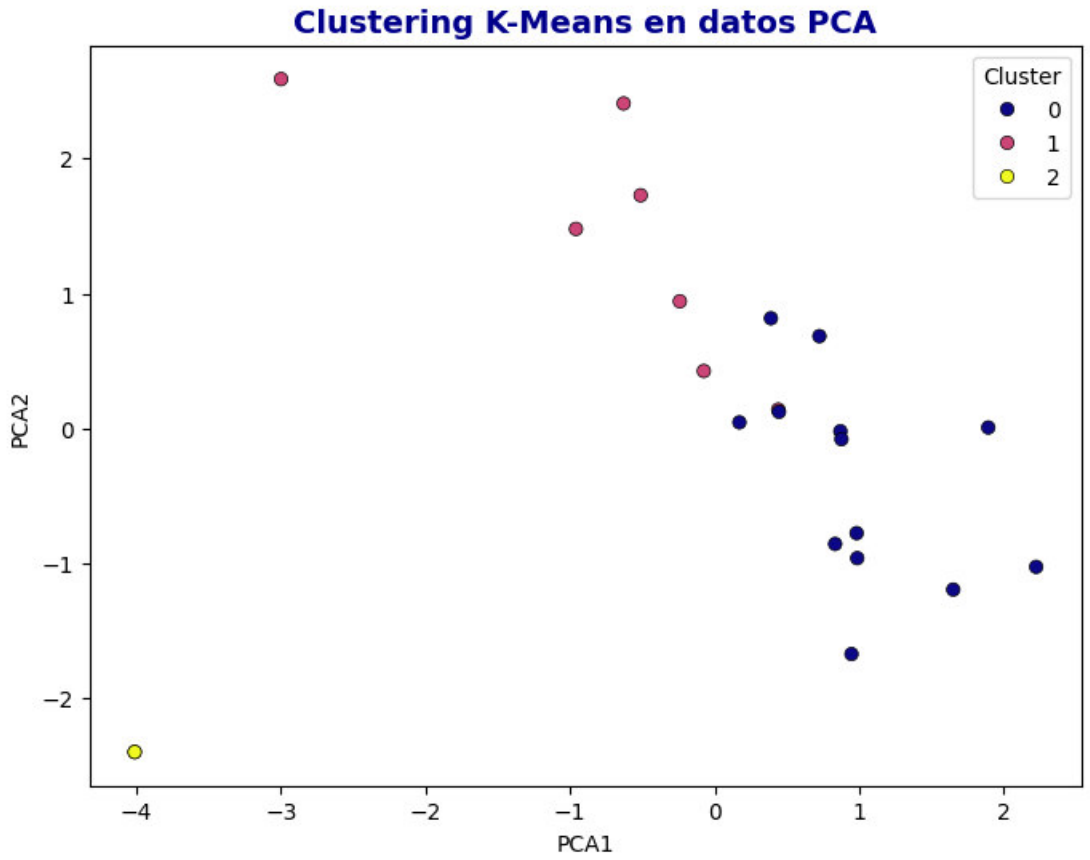

Figura 4. Agrupación de K-Means en datos PCA tras la limpieza final

La aplicación de técnicas de clustering y reducción PCA a las puntuaciones neutrosóficas (T, I, F) reveló tres clusters distintos, diferenciados visualmente por el color en el espacio proyectado. Estos conglomerados sugieren patrones compartidos entre los valores generados por la GPT y los originales asignados por los humanos, lo que implica una alineación parcial en la forma en que ambos enfoques categorizan los enunciados filosóficos andinos. En particular, los puntos agrupados reflejan similitudes superpuestas en subconjuntos específicos de enunciados, en los que los resultados de GPT se aproximan a la estructura del conjunto de datos original. Sin embargo, los puntos dispersos fuera de los conglomerados primarios destacan enunciados con características únicas que se resisten a una clasificación directa, lo que subraya las complejidades inherentes a la modelización de conceptos con matices culturales. La clara separación de los conglomerados en el espacio reducido del ACP demuestra además que tanto las variables originales como las generadas por la GPT aportan información significativa para segmentar los enunciados, aunque con énfasis divergentes.

Aunque la GPT reproduce parcialmente la estructura latente de los datos originales, la persistencia de múltiples agrupaciones distintas señala divergencias significativas en las asignaciones de valor. La agrupación

compacta de ciertas afirmaciones en la proyección PCA sugiere que GPT genera puntuaciones más coherentes para categorías temáticas o conceptuales específicas (por ejemplo, principios ampliamente reconocidos como Ayni), lo que indica áreas en las que el modelo se alinea estrechamente con el juicio humano. Por el contrario, los valores atípicos dispersos revelan limitaciones en la capacidad de la GPT para captar aspectos idiosincrásicos o dependientes del contexto de la filosofía andina, como dualidades fluidas o prácticas específicas de la región. Estos resultados subrayan la necesidad de perfeccionar el modelo -incluyendo el entrenamiento en conjuntos de datos culturalmente anotados y la integración de restricciones específicas del dominio- para mejorar la coherencia en el manejo de enunciados únicos o ambiguos. Los trabajos futuros podrían aprovechar los marcos híbridos, combinando los resultados generados por la IA con la validación de expertos, para preservar mejor la diversidad epistemológica de los sistemas de conocimiento indígenas.

Análisis de correlación

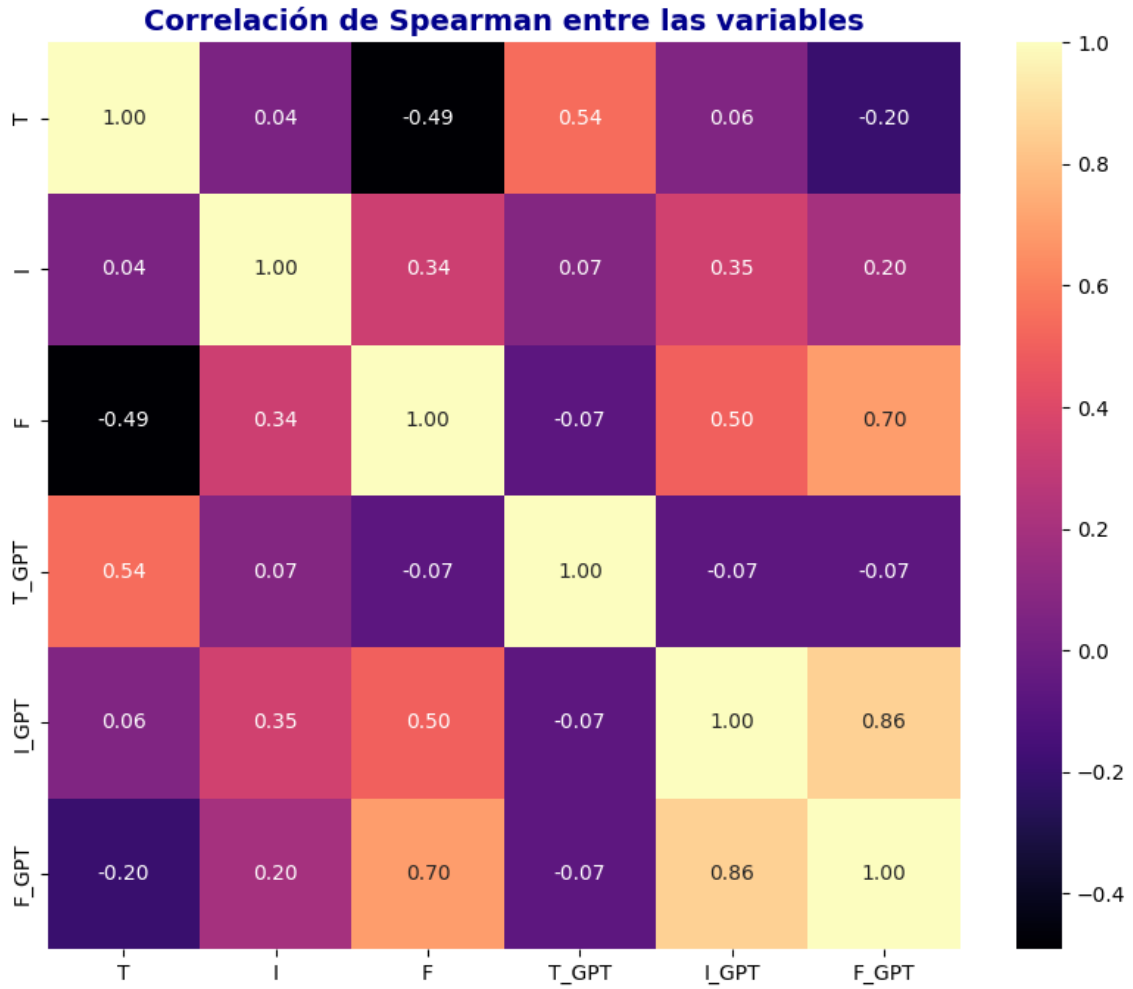

Figura 5. Correlación entre las variables originales y las generadas por GPT

La matriz de correlaciones de Spearman revela aspectos críticos de la alineación entre las puntuaciones neutrosóficas generadas por GPT y las asignadas por humanos (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F). Las correlaciones fuertes dominan las relaciones esperadas, como el vínculo inverso casi perfecto entre verdad real (T) y falsedad real (F) (ρ = -0,96), lo que confirma la coherencia lógica en el conjunto de datos original. Sin embargo, la GPT presenta sesgos notables: una fuerte correlación positiva entre sus puntuaciones de indeterminación (I_GPT) y falsedad (F_GPT) (ρ = +0,80) sugiere una fusión artificial de incertidumbre y falsedad, divergente de las interpretaciones humanas. Las correlaciones moderadas, como entre la falsedad real y la generada por GPT (FFF frente a F_GPT, ρ = +0,59) y la alineación parcial en la verdad (T frente a T_GPT, ρ = +0,48), indican una fidelidad limitada a la hora de replicar juicios matizados. Las correlaciones débiles, en particular entre la indeterminación real y la GPT (I frente a IGPT, ρ = +0,08), ponen de relieve la incapacidad de la GPT para interpretar la incertidumbre en marcos culturalmente contextualizados.

El análisis subraya las lagunas sistémicas en la capacidad de la GPT para emular el razonamiento similar al humano dentro de los contextos filosóficos andinos. La correlación casi insignificante del modelo con los valores de indeterminación y su asociación sesgada de falsedad con incertidumbre reflejan suposiciones probabilísticas sobresimplificadas, borrando potencialmente interpretaciones culturalmente específicas de la ambigüedad (por ejemplo, dualidades Yanantin). Además, la relación inversa entre falsedad real (F) y verdad GPT (T_GPT, ρ = -0,49) revela una adhesión parcial a las dicotomías lógicas verdad-falsedad, pero carece de plena coherencia. Junto con la baja similitud del coseno en las justificaciones textuales -lo que indica desajustes estilísticos-, estos hallazgos de subrayan la necesidad de un ajuste fino específico del dominio. Para mejorar la fidelidad cultural de la GPT puede ser necesario el entrenamiento con conjuntos de datos anotados que codifiquen explícitamente la indeterminación y la falsedad contextual, junto con marcos híbridos que integren la validación de expertos para colmar las lagunas epistémicas en la representación del conocimiento indígena.

Análisis de similitud semántica

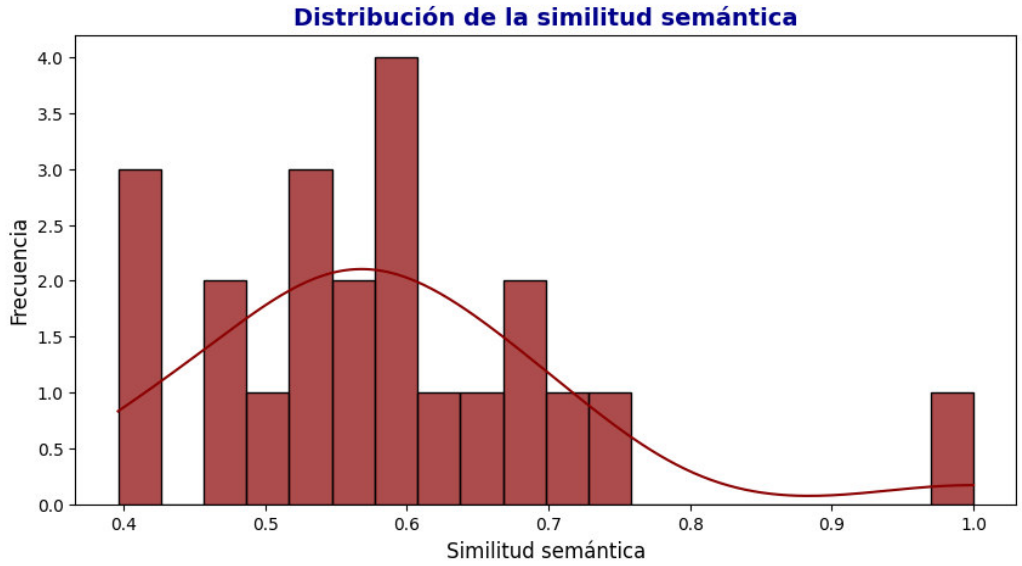

Figura 6. Distribución de la similitud semántica

La comparación semántica mediante la similitud coseno entre las justificaciones generadas por GPT y las originales revela discrepancias significativas, con una puntuación media de similitud de 0,1669. Este bajo valor subraya diferencias sustanciales en la redacción, la terminología y la coherencia estructural, lo que refleja los retos de la GPT a la hora de replicar contenidos filosóficos andinos culturalmente matizados. La alineación cercana a cero sugiere que los resultados de GPT divergen en los marcos interpretativos, potencialmente debido a desajustes en la comprensión contextual, preferencias estilísticas o simplificación excesiva de conceptos complejos como suma qamaña (vivir bien). Aunque el modelo se aproxima ocasionalmente a los elementos temáticos, su incapacidad para reflejar la profundidad lingüística y conceptual original pone de manifiesto las limitaciones para captar las tradiciones epistémicas indígenas sin adaptaciones específicas.

Las puntuaciones de similitud semántica abarcan un intervalo de 0,4 a 1,0, con una agrupación pronunciada en torno a 0,6, lo que indica variabilidad en la precisión de réplica de GPT. La mayoría de las respuestas se sitúan entre 0,5 y 0,7, lo que refleja una alineación moderada pero inconsistente. Esta distribución dispersa sugiere que, aunque la GPT capta ocasionalmente las ideas centrales -como en los casos de mayor similitud (~0,7)-, a menudo da prioridad a las frases genéricas frente a los matices culturales o filosóficos precisos. Los valores extremos, como la similitud anómala de 1,0 para resultados repetitivos o sin sentido (por ejemplo, "cadena"), apuntan a artefactos en la generación automática, mientras que las puntuaciones por debajo de 0,5 exponen fallos en la alineación semántica con principios específicos del contexto, como la reciprocidad ritual (ayni) o la ética ecológica.

El análisis identifica dos deficiencias críticas: (1) la tendencia de la GPT a recurrir por defecto a un lenguaje vago o formulista (por ejemplo, "Para analizar el enunciado, primero necesitamos..."), que diluye la especificidad cultural, y (2) su capacidad inconsistente para interpretar conceptos abstractos o de base regional. Los casos de mayor similitud, aunque escasos, demuestran que el entrenamiento específico del dominio en textos andinos anotados de podría mejorar la fidelidad conceptual. A la inversa, la prevalencia de justificaciones de baja similitud requiere la integración de expertos culturales en el proceso de ajuste para

mitigar los sesgos epistémicos. Las futuras iteraciones del modelo deberían dar prioridad a las arquitecturas conscientes del contexto y a los marcos de validación híbridos para salvar la distancia entre los resultados algorítmicos y los sistemas de conocimiento indígenas, garantizando tanto la alineación semántica como la epistémica.

Para mejorar la alineación de GPT-4 con los conceptos filosóficos andinos, se recomiendan estrategias específicas: entrenamiento adicional con ejemplos culturalmente específicos para profundizar la comprensión contextual, generación refinada de indicaciones que enfaticen la réplica del estilo y contenido del conjunto de datos original, y técnicas de post-procesamiento como la paráfrasis para mejorar la similitud semántica. Aunque GPT-4 demuestra el potencial para analizar la epistemología andina, persisten lagunas críticas, como el tratamiento inconsistente de la indeterminación, la fidelidad semántica limitada en las justificaciones y los sesgos en las asignaciones de valor de verdad. Estas limitaciones subrayan la necesidad de un ajuste fino específico del dominio, la integración de la experiencia cultural y marcos de validación híbridos para unir los resultados algorítmicos con los sistemas de conocimiento indígenas. La investigación futura debería dar prioridad a los enfoques colaborativos con académicos locales para garantizar la precisión tanto técnica como epistémica de los análisis computacionales transculturales [30].

El estudio presenta limitaciones clave, como el uso de un conjunto de datos reducido (20 enunciados filosóficos andinos), que restringe la generalización de los resultados, y la dependencia de la GPT-4. Para abordar estos aspectos, se recomiendan las siguientes mejoras: (1) ampliar el conjunto de datos con más ejemplos contextualizados, incluyendo variaciones regionales y prácticas rituales; (2) utilizar modelos lingüísticos más recientes y refinar las indicaciones con anotaciones epistemológicas andinas; (3) integrar técnicas de postprocesamiento (por ejemplo, ajuste fino con corpus bilingües quechua/español) e implementar [31] precisión técnica y cultural en la representación de la incertidumbre y las dualidades complementarias.

5 Conclusione

Este estudio ha explorado la profunda interconexión entre la epistemología andina y la lógica neutrosófica, demostrando su potencial para enriquecer la ciencia y la inteligencia artificial (IA). La capacidad de la neutrosofía para abarcar la verdad, la falsedad y la indeterminación la convierte en una herramienta excepcional para captar las complejidades del pensamiento andino, que trasciende la lógica binaria tradicional al abrazar la complementariedad de los opuestos, la interdependencia y la coexistencia. Sin embargo, surgieron limitaciones clave en el uso de la GPT-4, incluyendo sus sesgos hacia la sobreestimación de los valores de verdad (T) y la agrupación artificial de la indeterminación ($I \approx 0,7$), que simplifican en exceso conceptos matizados como yanantin (complementariedad) y ch'ixi (coexistencia simultánea). Además, la escasa similitud semántica media (coseno = 0,17) entre las justificaciones generadas por la IA y las originales pone de manifiesto las limitaciones actuales del modelo para reproducir los matices culturales y la terminología específica del dominio, lo que subraya la necesidad de disponer de marcos de IA culturalmente fundamentados.

La epistemología andina, con su énfasis en la reciprocidad y la relacionalidad, ofrece una perspectiva inestimable para diseñar una IA ética y responsable. Incorporar conceptos como Ayni (reciprocidad) y Yanantin (complementariedad) nos permite desarrollar sistemas que consideren no sólo los puntos de datos individuales sino también las relaciones y contextos en los que se generan, promoviendo la justicia social y la sostenibilidad. Para avanzar en esta integración, el trabajo futuro debería priorizar:

- Ampliar el conjunto de datos con ejemplos contextualizados, incluidas las variaciones regionales y las prácticas rituales, para mejorar la representatividad cultural.
- Aprovechar los nuevos modelos lingüísticos y perfeccionar las indicaciones con anotaciones epistemológicas andinas para alinear mejor los resultados de la IA con las ontologías indígenas.
- Integrar técnicas de posprocesamiento, como el ajuste fino con corpus bilingües quechua/español, e implementar la validación híbrida mediante la colaboración con expertos en cosmovisión andina, garantizando tanto el rigor técnico como la fidelidad cultural a la hora de representar la incertidumbre y las dualidades complementarias.

Al abordar estos retos, los sistemas de IA pueden evolucionar para reflejar mejor la riqueza de la cosmovisión andina, fomentando un futuro tecnológico más inclusivo en el que la tecnología sirva a la humanidad y al planeta de forma holística.

Referencias

[1] ŁUKASIEWICZ, M. (2012). PETER SIMONS ŁUKASIEWICZ, MEINONG AND MANY-VALUED LOGIC. The Vienna Circle and the Lvov-Warsaw School, 38, 249.

[2] Tajsin, E. (2023). On Two-Valued and Multiple-Valued Logic and on Paradoxes of Verity. Dialogue and Universalism, (1), 143-161.
[3] Schweber, S. S. (2008). Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning..
[4] Escobar, A. Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2018. DOI: 10.1215/9780822371816.
[5] Descola, P. (2014). All too human (still) A comment on Eduardo Kohn's How forests think. HAU: Journal of Ethnographic Theory, 4(2), 267-273.
[6] Rivera Cusicanqui, S. Ch'ixinakax Utxiwa: On Practices and Discourses of Decolonization; Polity Press: Cambridge, UK, 2020.
[7] Almeida, E., Cajas, D., & Amaru Chimba, J. (2021). Aspectos relevantes de la cosmovisión andina mediante narrativas para el fortalecimiento de la identidad y el orgullo cultural de las comunidades kichwa del norte del Ecuador. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 9(2).
[8] Huambachano, M. (2015). THE AYNI PRINCIPLE. Indigenous Spiritualities at Work: Transforming the Spirit of Enterprise, 99.
[9] Smarandache, F. (1999). A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic. In Philosophy (pp. 1-141). American Research Press.
[10] Mignolo, W. The Darker Side of Western Modernity: Global Futures, Decolonial Options; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2011. DOI: 10.1215/9780822394501.
[11] Priest, G. In Contradiction: A Study of the Transconsistent; Oxford University Press: Oxford, UK, 2006. DOI: 10.1093/acprof:oso /9780199263298.001.0001.
[12] de la Cadena, M. Earth Beings: Ecologies of Practice Across Andean Worlds; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2015. DOI: 10.1215/9780822375265.
[13] Nail, T. Being and Motion; Oxford University Press: Oxford, UK, 2019. DOI: 10.1093/oso/9780190908904.001.0001.
[14] Vázquez, M. L., & Smarandache, F. (2024). A Neutrosophic Approach to Study Agnotology: A Case Study on Climate Change Beliefs. HyperSoft Set Methods in Engineering, 2, 1-8.
[15] Taylor, S. L. (2013). An investigation of the mechanical and physical properties of copper-silver alloys and the use of these alloys in Pre-Columbian America (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology)
[16] Mandour, S. (2023). An Exhaustive Review of Neutrosophic Logic in Addressing Image Processing Issues. Neutrosophic Systems with Applications, 12, 36-55.
[17] Leyva-Vázquez, M., & Smarandache, F. (2018). Inteligencia Artificial: retos, perspectivas y papel de la Neutrosofía (Conferencia Magistral). Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores.
[18] Webb, H. S. (2012). Yanantin and Masintin in the Andean world: Complementary dualism in modern Peru. UNM Press.
[19] Cruz Yasaca, G. A., Castro Guevara, J. E., Chariguamán Peñaloza, J. A., & Soxo Andachi, J. W. (2023). Escala lingüística neutrosófica para la autoevaluación del conocimiento sobre la justicia indígena en la modernidad del derecho occidental. Revista Científica, 28, 174–183. https://doi.org/10.5281/zenodo.8399632
[20] Smarandache, F. (2023). The MultiAlist System of Thought. Neutrosophic Sets and Systems, 61, 598-605.
[21] Vázquez, M. Y. L., & Smarandache, F. (2024). Integrating Contradictory Perspectives in Latin American Philosophy: A MultiAlism Approach. Infinite Study.
[22] García-Guano, A. J., Ruiz-Pinto, V. S., Paredes-Calderón, B. A., & López, M. E. L. (2024). Application of NCMs and MultiAlism in Indigenous Art Analysis. Neutrosophic Sets and Systems, 69, 1-10.
[23] Smarandache, F. (2024). Neutrosophy Transcends Binary Oppositions in Mythology and Folklore. Neutrosophic Sets and Systems, 65, 57-79.
[24] OpenAI, R. (2023). Gpt-4 technical report. arxiv 2303.08774. View in Article, 2(5).
[25] Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. The American Journal of Psychology, 15(1), 72–101. https://doi.org/10.2307/1412159
[26] Tatachar, A. V. (2021). Comparative assessment of regression models based on model evaluation metrics. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(9), 853-860.
[27] Abdulhafedh, A. (2021). Incorporating k-means, hierarchical clustering and pca in customer segmentation. Journal of City and Development, 3(1), 12-30.
[28] Li, B., Zhou, H., He, J., Wang, M., Yang, Y., & Li, L. (2020). On the sentence embeddings from pre-trained language models. arXiv preprint arXiv:2011.05864.
[29] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2020). Speech and Language Processing (3rd ed.). Pearson. https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

[30] Lewis, J. E., Yolgörmez, C., & Whaanga, H. (2024). Abundant intelligences: Placing AI within Indigenous knowledge frameworks. AI & Society. https://doi.org/10.1007/s00146-024-02099-4

[31] Concordia University. (2024, January 22). Concordia launches innovative research program to indigenize artificial intelligence. Scienmag. https://scienmag.com/concordia-launches-innovative-research-program-to-indigenize-artificial-intelligence/

Recibido: noviembre 23, 2024. Aceptado: diciembre 19, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para analizar la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica.

Analytical Hierarchical Neutrosophic Analytical Process to analyze the evolution of the perception of animals and their legal protection.

Jeannette Amparito Urrutia Guevara[1], Diego Patricio Gordillo Cevallos[2], Styven Andrés Pila Chicaiza[3], and Marcela Jeannette Yancha Urrutia[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.diegogordillo@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. styvenpc84@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. da.marcelajyu89@uniandes.edu.ec

Resumen. El objetivo de la investigación es implementar un Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para analizar la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica. A lo largo de la historia, el reconocimiento y la protección de los derechos de los animales han sufrido transformaciones significativas, impulsadas por diversas corrientes sociales y religiosas, como el cristianismo. Actualmente, aunque se reconoce cada vez más que los animales son capaces de sentir sufrimiento, su estatus sigue siendo principalmente el de objetos de protección jurídica en lugar de sujetos de derechos. Se han propuesto varias soluciones, incluyendo el reconocimiento legal de los animales domésticos como sujetos de derechos y la formulación de leyes específicas para su protección. A nivel internacional, se han desarrollado tratados que abordan la conservación de los animales y su entorno, enfatizando su importancia para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Sin embargo, la ausencia de un marco legal internacional sólido para el bienestar animal es una deficiencia crítica en el derecho internacional.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, evolución legal, animales sujetos de derecho no humanizado, marco jurídico Ecuador, desafíos éticos.

Abstract. The aim of the research is to implement a Neutrosophic Hierarchical Analytic Process to analyse the evolution of the perception of animals and their legal protection. Throughout history, the recognition and protection of animal rights have undergone significant transformations, driven by various social and religious currents, such as Christianity. Currently, although it is increasingly recognized that animals are capable of feeling suffering, their status remains primarily that of objects of legal protection rather than subjects of rights. Several solutions have been proposed, including the legal recognition of domestic animals as subjects of rights and the formulation of specific laws for their protection. At the international level, treaties have been developed that address the conservation of animals and their environment, emphasizing their importance for biodiversity and ecological balance. However, the absence of a solid international legal framework for animal welfare is a critical deficiency in international law.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytical Process, legal evolution, animals subject to non-humanized law, Ecuadorian legal framework, ethical challenges.

1 Introducción

El reconocimiento y protección de los derechos de los animales constituye un tema de debate y desarrollo continuo a lo largo de la historia, desde la Edad Media se observa la influencia por la doctrina cristiana que destacaba la capacidad de los animales para sentir, hasta las sociedades modernas que reconocen cada vez más su capacidad de sufrimiento, ha habido una evolución en la percepción de los animales y su estatus legal [1].

Aunque se han dado avances significativos en la consideración de los animales como seres capaces de experimentar sufrimiento, aún persiste una brecha entre su reconocimiento como objetos de protección jurídica y su consideración como sujetos de derechos, se han propuesto diversas soluciones, como el reconocimiento legal

de los animales domésticos y de compañía como sujetos de derechos, la promulgación de leyes específicas para su protección y la establecimiento de límites para evitar su humanización en el sistema judicial [2].

A nivel internacional se han desarrollado tratados y convenios que abordan la protección de los animales y su entorno, reconociendo la importancia de su conservación para el equilibrio ecológico y la preservación de la biodiversidad, la ausencia de un marco legal internacional integral para la protección del bienestar animal sigue siendo una deficiencia importante en el derecho internacional, lo que subraya la necesidad de una acción coordinada a nivel mundial para abordar esta cuestión de manera efectiva [3].

En la edad media con la aparición del cristianismo y la religión se trató de ampliar las concepciones anteriormente citadas en las cuales mediante un matiz más garantista y empático , se empezó a razonar sobre la coincidencia que los animales poseían centrándose así en su capacidad de sentir, un ejemplo de ello es san Francisco de asís ya que fue un fuerte defensor de los animales e inclinándose sobre esta postura mencionando que bajo estas circunstancias los animales deberían ser considerados como hermanos del ser humano [4].

El primer antecedente de las leyes reguladoras del derecho animal nace en 1635 con las leyes reveladoras del sufrimiento de ganado en Irlanda; 6 años más tarde aparecieron las leyes protectoras de los animales domésticos en los Estados Unidos de Norteamérica la protección animal fue creciendo donde se destacaron filósofos como Jeremy Bentham , quien afirmó que los animales son merecedores de una integridad moral por su capacidad de sentir sufrimiento siendo así que en 1800 la conciencia ambiental y la idea de conservar algunos recursos naturales entre ellos la vida de los animales creció más junto con el surgimiento de la ecología como ciencia [5].

Esta concepción de la ecología y la vida hizo que surjan convenios y tratados internacionales encaminados a proteger derechos de animales no humanos , así como los medios donde se desenvuelven generando así una jurisprudencia tal como la demanda formulada en 1868 al ministerio de relaciones exteriores del imperio austro húngaro por un grupo de agricultores preocupados por la depredación de aves insectívoras a causa de la industria del plumaje, otro ejemplo es el tratado para la reglamentación de las pesca de salmónidos en la cuenca del río Rin Rin firmado en Berlín en 1885 mismo que tuvo la finalidad de precautelar los ecosistemas de sus cuencas hidrográficas y el cuidado de la especie [6].

Dejando un precedente para que en 1902 en París se firme uno de los primeros instrumentos internacionales en materia de conservación de especies: Acuerdo Internacional para la Protección de las Aves Útiles para la Agricultura, que estableciendo normas de conservación de fauna , prohibición de casi captura de determinadas especies y la creación de violaciones respecto al cuidado del nido huevos y restricciones del comercio de aves y sus productos , pues dichas especies se encontraban ya en peligro de extinción [7]

Reino Unido también participó dentro de la cultura de la preservación de las especies ya que en 1911 se aprobó la Ley de Protección Animal cuya finalidad era derogar la crueldad animal dentro del imperio británico suscribiéndose a acuerdos y convenios internacionales mencionados anteriormente [8].

La vida marina también generó una obligación de cuidado siendo así se promulga el Primer Tratado Ballenato Internacional firmado en Ginebra el 24/09/1931 mismo que entró en vigor el 16/01/1935 cuyo objetivo era la protección de la ballena barbada este tratado fue reemplazado posteriormente por acuerdos completos hasta la suscripción del convenio internacional para la regulación de la casa de las ballenas en el año de 1946 [9].

En las sociedades modernas con los antecedentes citados se reconoció a los animales como seres capaces de sufrir permitiendo que varias legislaciones en todo el mundo empiecen a velar por sus derechos, pero no como sujetos de derecho sino como objetos de protección jurídica [4].

La protección de especies en función de su rareza aparece en 1900 con la Convención Africana para la Preservación de Animales Aves y Peces de la vida silvestre, contemplando la necesidad de crear reservas naturales para su protección [10].

En el Ecuador se reconoció a la naturaleza como titular de derechos a partir de la constitución del 2008 donde en su artículo 71 se entiende como un gran paso para cambiar las relaciones culturales y el marco ético de la relación no sólo con el medio ambiente sino también con los animales no humanos [11]. Dentro de la Constitución se encuentra el buen vivir o *sumak kawsay* donde se establecen que debemos vivir en armonía con el entorno que nos rodea y dentro de este entorno existirían plantas y animales tanto domésticos de granja y salvajes, presentándonos un paradigma de desarrollo intercultural [12].

El proyecto de Ley Orgánica Bienestar Animal como objetivo fundamental tenía el garantizar la convivencia en sociedades armoniosas y funcionales donde se respeten los derechos ciudadanos, de la naturaleza y de los animales, su enfoque principal trataba de promover el bienestar de los animales, prevenir y reducir la violencia interpersonal, fomentar la protección y el respeto hacia la vida animal, así como detener el maltrato y la negligencia hacia ellos. Las obligaciones del Estado y los Gobiernos Autónomos Descentralizados se establece que deben regular y controlar el cumplimiento de las disposiciones de la ley, aplicar sanciones administrativas, crear unidades especializadas para el manejo de políticas relacionadas con el bienestar animal, destinar recursos para la investigación de casos de maltrato, promover la educación comunitaria en temas de bienestar animal, contar con unidades móviles o centros de rescate, implementar planes educativos y programas de sensibilización, así como controlar las poblaciones de animales bajo parámetros de bienestar animal [13].

El objetivo de este estudio es implementar un Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para analizar la evolución histórica y legal en la protección de los derechos de los animals.

2 Materiales y métodos

El método propuesto en esta investigación basa su funcionamiento mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP, *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process*) está estructurado en tres etapas: (1) entrada; (2) procesamiento; y (3) salida de información. La etapa de entrada nutre los criterios de selección del método, posteriormente en la etapa de procesamiento se implementa la evaluación multicriterio. La etapa de salida visualiza la inferencia propuesta por el método como resultado del proceso de evaluación.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El proceso analítico jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [14]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados.

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores [15-17]. La figura 1 muestra la estructura jerárquica de AHP [18-20].

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [21-23]. Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [24, 25].

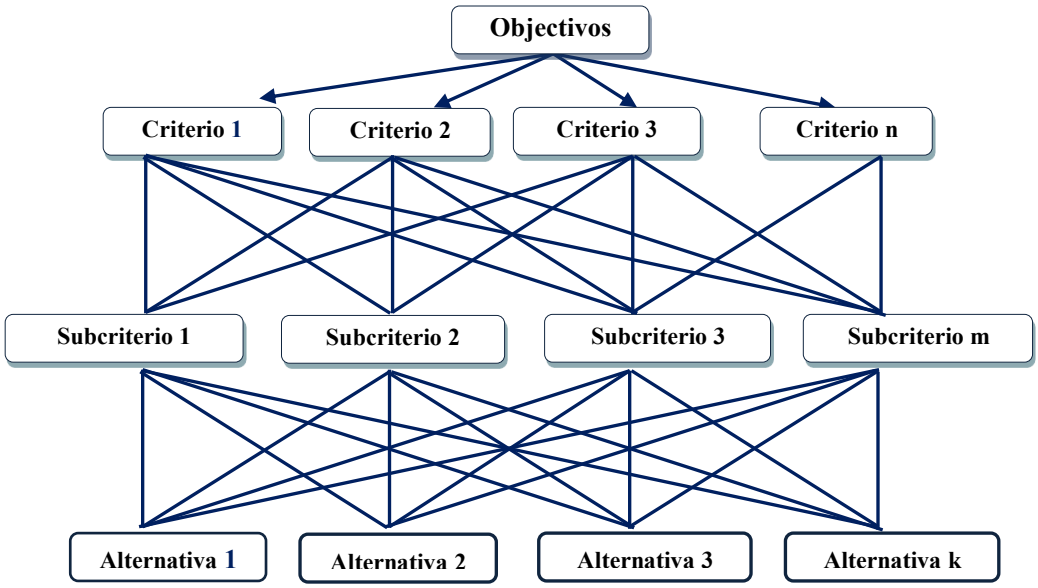

Figura 1. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [26].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada Matriz de Decisión.

2.2 Estructura del método propuesto.

Una vez identificado los criterios evaluativos, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) [27].

$$S = \left\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \quad (1)$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\widetilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos son colocados en la posición a_{ji} de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio [28, 29]. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Neutrosophic Triangular Scale
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4); 0.30, 0.75, 0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6); 0.80, 0.15, 0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8); 0.90, 0.10, 0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9); 1.00, 1.00, 1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3); 0.40, 0.65, 0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5); 0.60, 0.35, 0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7); 0.70, 0.25, 0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9); 0.85, 0.10, 0.15\rangle$

Por su parte, Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada pedido

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Donde:

- Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP.
- NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes [30, 31].
- NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (3)$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \quad (4)$$

3 Resultados y discusión

El método propuesto en esta investigación fue implementado para analizar la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información se emplea un enfoque multicriterio multiexperto, expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica, en el problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, c_2, \ldots, c_m\}, m \geq 1 \quad ,$$

.

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}, n \geq 1 \quad ,$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_k\}, k \geq 1 \quad ,$$

La alternativa para evaluar es la siguiente:

A_1: Los animales necesitan ser reconocidos como sujetos de derechos.

A_2: Los animales deben ser reconocidos como objetos de protección jurídica.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica, se convocó a un panel de expertos especializados en diversas áreas relevantes. Este equipo multidisciplinario aporta conocimientos sobre la legislación actual y su evolución histórica; evalúa los aspectos morales y éticos en la relación humano-animal; se centra en la importancia de los animales para el equilibrio ecológico y la biodiversidad; además, estudia la percepción social de los animales y su repercusión cultural, el bienestar animal, que proporciona una perspectiva sobre el sufrimiento animal y sus necesidades; las implicaciones éticas del estatus jurídico de los animales, y examinan los cambios en la percepción a lo largo del tiempo. Los criterios de inclusión de estos expertos fueron basados en su formación académica, experiencia profesional en sus respectivos campos, y su participación activa en investigaciones relacionadas con la protección de los animales y el derecho. A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta:

C_1: Cambios normativos: Evaluar la evolución de las leyes y regulaciones que afectan a los animales, analizando su desarrollo histórico y los cambios recientes en el estatus jurídico de los animales, y cómo estas modificaciones reflejan una transformación en la percepción social.

C_2: Perspectivas éticas: Examinar las teorías éticas que sustentan la protección de los animales, analizando la transición desde visiones tradicionales a enfoques más contemporáneos que reconocen a los animales como seres sintientes y sujetos de derechos.

C_3: Impacto social y cultural: Evaluar cómo los cambios en la percepción de los animales han influido en el comportamiento social y cultural, observando campañas de concienciación, movimientos activistas y la representación de los animales en los medios de comunicación.

C_4: Evidencia científica y académica: Analizar la investigación científica sobre bienestar animal, sufrimiento y capacidades cognitivas, y cómo estos hallazgos han impactado la legislación y la percepción pública en torno a los derechos de los animales.

Las tres matrices por pares obtenidas correspondientes a los criterios, una por experto, se resumen en la tabla 3. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 3: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Criterio	A_1	A_2
A_1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$
A_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

La tabla 4, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 4: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C_1.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_3	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_4	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00325 que represente el valor agregado de los expertos. Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio.

La Tabla 5 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 2 con pesos wi = 1/3 for i = 1, 2, 3.

Tabla 5: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	⟨(6,7,8);0.90,0.10,0.10⟩	1
A_2	⟨(4,5,6);0.80,0.15,0.20⟩	2

La Tabla 6 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 6: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	A_1(0.80)	A_2(0.50)	Vector de prioridad	Orden
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,065	4
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0,387	1
C_3	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,322	2
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,226	3

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 6, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_2 \succ C_3 \succ C_4 \succ C_1$.

La implementación del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para examinar la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica ha revelado un hallazgo significativo: la necesidad de reconocer a los animales como sujetos de derechos. Este resultado sugiere un cambio paradigmático en las concepciones actuales sobre la relación entre humanos y animales, promoviendo una perspectiva que trasciende la visión tradicional de los animales como meros objetos de propiedad o recursos. Reconocer a los animales como sujetos de derechos implica no solo una transformación legal, sino también un enfoque ético y moral que fomenta el respeto por su bienestar y dignidad. Este reconocimiento podría llevar a una mejora sustancial en las legislaciones de protección animal, alineando las normativas con un entendimiento más profundo de los derechos y la existencia de los seres no humanos en nuestra sociedad.

4 Discusión

De los resultados obtenidos en esta investigación sobre la evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica revela una serie de hallazgos significativos, al comparar estos resultados con la teoría y otras investigaciones relevantes, se pueden identificar varios puntos clave que arrojan luz sobre el estado actual de los derechos de los animales y las posibles direcciones futuras para la legislación y la acción social en este ámbito.

Uno de los aspectos más destacados es el cambio en la percepción de los animales a lo largo del tiempo, pasando de ser considerados meros recursos utilitarios a ser reconocidos como seres con capacidad de sentir sufrimiento y emociones. Este cambio en la percepción refleja una evolución en la conciencia social y ética, influenciada por filósofos como Jeremy Bentham, cuyo trabajo ha sido fundamental en la argumentación a favor de considerar los intereses de los animales en la ética y la ley [32].

La discusión aborda la dualidad presente en la legislación y los tratados internacionales relacionados con la protección de los animales, donde persiste la consideración de los animales como objetos de protección jurídica

en lugar de reconocerlos como sujetos de derechos. Esto plantea desafíos éticos y jurídicos significativos que requieren una acción coordinada a nivel mundial para abordar de manera efectiva la protección del bienestar animal, la falta de un marco legal internacional integral para la protección del bienestar animal es una deficiencia importante en el derecho internacional, esta carencia subraya la necesidad de una acción coordinada a nivel mundial para abordar la cuestión de manera efectiva y garantizar una protección adecuada para los animales en todos los contextos [1].

Al comparar los hallazgos de esta investigación con estudios previos, se pueden identificar similitudes y diferencias en las conclusiones alcanzadas. Estas comparaciones ayudan a contextualizar los resultados obtenidos y a comprender mejor el panorama general de la evolución de la percepción y protección de los animales en diferentes contextos culturales y legales.

Es importante tener en cuenta la relación entre la protección de los derechos de los animales y otras áreas de interés, como la conservación del medio ambiente y la promoción de la biodiversidad, ya que la degradación del hábitat y la explotación de los animales pueden tener efectos devastadores en los ecosistemas naturales, cualquier enfoque integral para abordar estas cuestiones debe considerar su interconexión y trabajar hacia soluciones que promuevan tanto el bienestar animal como la sostenibilidad ambiental [33].

Los posibles obstáculos y desafíos para la implementación de la alternativa propuesta en este estudio, resaltan la resistencia cultural y la falta de conciencia pública pueden dificultar la adopción de leyes y políticas que protejan a los animales de manera efectiva, los intereses económicos y políticos pueden influir en la formulación de políticas, lo que podría obstaculizar los esfuerzos para mejorar la protección de los animales en algunos contextos. Se hace evidente la necesidad de un enfoque que involucre a diversos actores, incluidos legisladores, activistas de derechos de los animales, científicos y la sociedad en su conjunto, es fundamental desarrollar estrategias que aborden tanto los aspectos legales como los sociales y culturales de esta cuestión para lograr un cambio sostenible y duradero [34].

5 Conclusión

La evolución de la percepción de los animales y su protección jurídica revela una transformación significativa en la forma en que la sociedad considera a los animales, pasando de ser vistos como meros recursos utilitarios a ser reconocidos como seres con capacidad de sentir sufrimiento y emociones. Aunque se han logrado avances importantes en la promulgación de leyes y tratados internacionales para proteger a los animales, persiste la dualidad entre considerarlos objetos de protección jurídica y reconocerlos como sujetos de derechos. La experiencia ecuatoriana destaca la importancia de integrar principios éticos en el marco legal para lograr una coexistencia más equitativa y sostenible entre los seres humanos y la naturaleza.

También la necesidad de un enfoque que involucre a diferentes actores, como legisladores, activistas de derechos de los animales y la sociedad para superar desafíos en la implementación de propuestas que mejoren la protección de los animales, como la resistencia cultural y la influencia de intereses económicos y políticos. Se enfatiza la importancia de soluciones integrales que promuevan tanto el bienestar animal como la sostenibilidad ambiental, reconociendo la interconexión entre la protección de los derechos de los animales y otras áreas de interés. Solo a través de este enfoque colaborativo se puede lograr un cambio duradero en la forma en que se trata a los animales y avanzar hacia un mundo donde sean reconocidos y respetados como sujetos de derechos.

Referencias

[1] M. Deckha, *Animals as legal beings: Contesting anthropocentric legal orders*: University of Toronto Press, 2021.

[2] M. C. Nussbaum, *Justice for animals: Our collective responsibility*: Simon and Schuster, 2023.

[3] D. A. Fennell, and V. Sheppard, "Tourism, animals and the scales of justice," *Justice and Tourism*, pp. 172-193: Routledge, 2021.

[4] M. Bekoff, *The emotional lives of animals: A leading scientist explores animal joy, sorrow, and empathy—and why they matter*: New World Library, 2024.

[5] B. Aguilera Barchet, "El derecho en la era de la post-humanidad: notas para una historia del derecho del futuro," *Historia y el Derecho de España: visiones y pareceres: homenaje al Dr. Emiliano González Díez*, pp. 21-47, 2022.

[6] T. M. Lekan, and T. M. Lekan, *Imagining the nation in nature: Landscape preservation and German identity, 1885-1945*: Harvard University Press, 2009.

[7] J. J. Ferrero-García, "The International Convention for the Protection of Birds (1902): a missed opportunity for wildlife conservation?," *Ardeola,* vol. 60, no. 2, pp. 385-396, 2013.

[8] R. Garner, *Political animals: Animal protection politics in Britain and the United States*: Springer, 2016.

[9] M. Fitzmaurice, "The International Convention for the Regulation of Whaling and International Whaling Commission–Conservation or Preservation–Can the Gordian Knot be Cut (or Untangled)?," *The Yearbook of Polar Law Online,* vol. 5, no. 1, pp. 451-490, 2013.

[10] J. Hickling, "The Role of Science and Historiography in the Development of Transnational Environmental Law: A New History of the 1900 London Convention for the Preservation of African Wildlife," *Transnational Environmental Law*, pp. 1-27, 2024.
[11] G. A. D. de Ambato, "Ordenanza que regula el Cuidado de Animales de Compañía o Mascotas, y de Animales Domésticos," *Ambato, Tungurahua, Ecuador: Ilustre Consejo Cantonal de Ambato*, 2008.
[12] E. P. G. Ramos, and M. Á. P. Zapata, "El tráfico de animales en peligro de extinción: un delito transfronterizo," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 1, pp. 150-158, 2024.
[13] F. P. M. Rendón, and D. R. V. Solorzano, "Conflictos fauna silvestre-humanos en el área de influencia al Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 3, pp. 745-763, 2023.
[14] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.
[15] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[16] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[17] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[18] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.
[19] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.
[20] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.
[21] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.
[22] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
[23] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.
[24] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.
[25] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.
[26] O. M. Cornelio, and J. G. Gulín, "Modelo para la evaluación de habilidades profesionales en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Revista Cientifica,* vol. 3, no. 33, pp. 1, 2018.
[27] W. Ho, and X. Ma, "The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research,* vol. 267, no. 2, pp. 399-414, 2018.
[28] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.
[29] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
[30] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.
[31] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.
[32] M. A. Akomolafe, "Jeremy Bentham on Equal Rights and Justice: An Overview," *Philosophia,* vol. 32, no. 2023, 2023.
[33] T. Wyatt, J. Maher, D. Allen, N. Clarke, and D. Rook, "The welfare of wildlife: an interdisciplinary analysis of harm in the legal and illegal wildlife trades and possible ways forward," *Crime, Law and Social Change,* vol. 77, no. 1, pp. 69-89, 2022.
[34] E. Fitz-Henry, "Multi-species justice: a view from the rights of nature movement," *Environmental Politics,* vol. 31, no. 2, pp. 338-359, 2022.

Recibido: noviembre 24, 2024. Aceptado: diciembre 19, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas realizadas en WhatsApp en el cantón Pastaza.

Neutrosophic method for the evaluation of non-compliance with formal duties in the economic activities carried out in WhatsApp in the Pastaza canton.

Galo Renato Navas Espín[1], Pietra Catalina Dávila Jácome[2], Renato Mathias Navas Dávila[3] and Bayron Ramiro Pinda Guanolema[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Puyo. Ecuador. up.galonavas@uniandes.edu.ec
[2] Cooperativa de Ahorro y Crédito de la Pequeña Empresa de Pastaza. Ecuador. pdavila@cacpepas.fin.ec
[3] Escuela Politécnica del Ejército ESPE. Ecuador. rmnavas@espe.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.bayronpinda@uniandes.edu.ec

Resumen. Las ventas de las empresas han crecido significativamente en las redes sociales; sin embargo, algunas actividades económicas no cumplen con sus deberes formales como contribuyentes, ya que se encuentran en la informalidad, no cuentan con RUC, no emiten facturas o notas de venta autorizadas por el SRI a sus clientes, no llevan los registros de ingresos y gastos o su contabilidad y no realizan declaraciones ni pagan impuestos; por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar el nivel de cumplimiento de los deberes formales de los contribuyentes que realizan actividades económicas mediante la red social WhatsApp en el cantón Pastaza. La presente investigación define como objetivo: desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas realizadas en WhatsApp en el cantón Pastaza. La modalidad de investigación aplicada fue la cualitativa y cuantitativa, los tipos de investigación utilizados fueron la descriptiva, bibliográfica y de campo, se utilizó como instrumento el cuestionario y la técnica de la encuesta.

Palabras Claves: método neutrosófico, evasión tributaria, redes sociales, WhatsApp, deberes formales, obligaciones tributarias.

Abstract. Company sales have grown significantly on social networks; however, some economic activities do not comply with their formal duties as taxpayers, since they are in the informal sector, do not have RUC, do not issue invoices or sales notes authorized by the SRI to their clients, do not keep records of income and expenses or their accounting and do not make declarations or pay taxes; therefore, the present investigation aims to determine the level of compliance with the formal duties of taxpayers who carry out economic activities through the WhatsApp social network in the Pastaza canton. The present investigation defines as its objective: to develop a neutrosophic method for the evaluation of non-compliance with formal duties in economic activities carried out on WhatsApp in the Pastaza canton. The applied research modality was qualitative and quantitative, the types of research used were descriptive, bibliographic and field, the questionnaire and the survey technique were used as instruments.

Keywords: neutrosophic method, tax evasion, social networks, WhatsApp, formal duties, tax obligations.

1 Introducción

Las empresas y personas naturales utilizan las redes sociales para realizar las ventas de sus productos por diversas razones como: el alcance ya que tienen una gran audiencia, lo que permite a los vendedores llegar a un gran número de clientes potenciales con sus productos; el costo porque son una plataforma gratuita o de bajo costo para vender productos, lo que las hace accesibles para pequeños emprendedores y empresas con presupuestos limitados; la interacción ya que permiten a los vendedores interactuar con los clientes potenciales y responder a sus preguntas, lo que puede generar confianza y aumentar las ventas; la comunidad permiten a los vendedores

crear una comunidad en torno a sus productos, lo que puede aumentar la fidelización de los clientes y la personalización permiten a los vendedores personalizar sus mensajes de marketing para llegar a diferentes tipos de clientes.

Las redes sociales son plataformas digitales que permiten a los usuarios conectarse entre sí e interactuar de forma virtual. Estas plataformas se basan en la creación de relaciones entre usuarios, quienes comparten información, opiniones e intereses comunes [1], [2].

WhatsApp es una aplicación de mensajería instantánea multiplataforma para teléfonos inteligentes. Fue fundada en 2009 por Jan Koum y Brian Acton, y adquirida por Facebook en 2014. WhatsApp permite a los usuarios enviar y recibir mensajes de texto, voz, imágenes, videos y documentos [3].

Las redes sociales más utilizadas para vender productos o servicios en el Ecuador son: WhatsApp es la red social con mayor penetración en el país, con un 74% de usuarios, ofrece diversas opciones para vender, como la creación de páginas de empresa, grupos de compraventa y anuncios. Instagram es la segunda red social más utilizada en Ecuador con un 53% de usuarios, se caracteriza por su contenido visual, lo que la convierte en una plataforma ideal para vender productos o servicios que se puedan mostrar de forma atractiva. WhatsApp es la aplicación de mensajería instantánea más utilizada en Ecuador con un 82% de usuarios, se puede utilizar para vender productos o servicios de forma directa a los clientes, a través de grupos o chats individuales. YouTube es la plataforma de video más utilizada en Ecuador con un 53% de usuarios, se puede utilizar para crear videos promocionales de productos o servicios, o para realizar transmisiones en vivo para vender productos. Finalmente tenemos a TikTok que es una red social relativamente nueva, pero que ha ganado popularidad en Ecuador, con un 34% de usuarios, se caracteriza por sus videos cortos y virales, lo que la convierte en una plataforma ideal para vender productos o servicios a un público joven.

Las ventas en redes sociales a nivel mundial representaron un 4,9% del Producto Interno Bruto (PIB) global en 2023, lo que equivale a aproximadamente 4,9 billones de dólares, esta cifra se ha incrementado significativamente en los últimos años, impulsada por: el crecimiento del comercio electrónico ya que cada vez más personas compran productos y servicios online, el auge de las plataformas sociales como Facebook, Instagram y TikTok se han convertido en importantes canales de venta, la adopción de estrategias de marketing digital ya que las empresas están utilizando cada vez más las redes sociales para promocionar sus productos y servicios. Se espera que la participación de las ventas en redes sociales en el PIB mundial continúe creciendo en los próximos años, alcanzando un 6,4% en 2025.

Determinar con precisión la participación de las ventas en redes sociales en el PIB 2023 de Ecuador es complejo debido a la falta de datos oficiales específicos. Sin embargo, existen diversas aproximaciones que permiten estimar su magnitud: el estudio de la Cámara de Comercio de Quito (2023) estimó que las ventas por comercio electrónico en Ecuador representaron el 2.4% del PIB en 2022. El análisis de Statista (2023)[4] estimó que las ventas por comercio social en Ecuador alcanzarán los 2.4 mil millones en 2023. En resumen, si bien no hay una cifra oficial precisa, se estima que las ventas en redes sociales representan un porcentaje pequeño pero creciente del PIB de Ecuador, probablemente entre el 1% y el 3%.

La evasión tributaria o evasión fiscal es una conducta ilícita en la que incurren personas o empresas, denominadas contribuyentes, de manera dolosa o culposa. Se configura cuando el contribuyente oculta u omite ingresos y bienes a las Administraciones Tributarias, o cuando sobrevalora conceptos deducibles, con el único fin de reducir el pago de una obligación tributaria (impuestos) con respecto a lo que legalmente les correspondería. En otras palabras, la evasión tributaria implica: no declarar la totalidad de los ingresos o bienes, declarar ingresos o bienes por un valor inferior al real, utilizar facturas o documentos falsos, no pagar los impuestos correspondientes, entre otros. La evasión tributaria tiene graves consecuencias para el país, ya que reduce los ingresos del Estado, afecta la equidad del sistema tributario, limita la capacidad del Estado para financiar servicios públicos y genera competencia desleal entre las empresas.

La evasión fiscal en las ventas en las redes sociales es el acto de ocultar o no declarar ingresos a las autoridades fiscales con el fin de evitar el pago de impuestos. Esto se puede hacer de diversas maneras, como: no mantener los permisos y estar registrados en el RUC, no registrar las ventas realizadas en las redes sociales, no declarar o declarar ingresos menores a los reales, utilizar cuentas bancarias o empresas fantasma para ocultar los ingresos, fingir gastos inexistentes para reducir la base imponible. La evasión fiscal en las ventas en las redes sociales es un problema creciente, ya que estas plataformas dificultan el control por parte de las autoridades fiscales. Las consecuencias de la evasión fiscal pueden ser graves: multas económicas, recargos e intereses, inhabilitación para realizar actividades comerciales, incluso penas de cárcel. Es importante que los vendedores que utilizan las redes sociales para realizar sus ventas sean conscientes de sus obligaciones fiscales y las cumplan de manera responsable con sus deberes formales como contribuyentes.

Algunas personas naturales y sociedades que tienen actividades económicas mediante la redes sociales no facturan en las ventas que realizan debido: al desconocimiento de la obligación ya que algunos emprendedores o pequeños comerciantes que operan en redes sociales desconocen la obligación legal de emitir facturas por sus ventas; la falta de formalización ya que muchos negocios en redes sociales operan informalmente, sin estar registrados ante las autoridades tributarias, lo que les permite evadir la emisión de facturas; dificultades técnicas ya que

la emisión de facturas electrónicas puede ser un proceso complejo para algunos usuarios, especialmente para aquellos que no tienen conocimientos técnicos o acceso a las herramientas necesarias; los costos asociados ya que la implementación de un sistema de facturación electrónica puede tener costos asociados, como la compra de software o la contratación de un servicio de facturación, lo que puede ser un impedimento para algunos emprendedores; la percepción de ser innecesario debido a que algunos emprendedores pueden considerar que la emisión de facturas no es necesaria para pequeñas ventas o transacciones informales, lo que genera un incumplimiento de la normativa; el miedo a las sanciones ya que existe un temor a las multas y sanciones por parte de las autoridades tributarias, lo que puede desmotivar a algunos a formalizar su actividad y emitir facturas; la falta de cultura tributaria ya que en algunos países, existe una baja cultura tributaria, lo que se traduce en un bajo nivel de cumplimiento de las obligaciones fiscales, incluyendo la emisión de facturas y la competencia desleal con otros negocios que no facturan puede generar una desventaja para quienes sí cumplen con la normativa, ya que estos últimos tienen costos adicionales.

Los deberes formales son las obligaciones que deben cumplir todos los contribuyentes, independientemente de la actividad económica que realicen. Estos deberes están establecidos en el Código Tributario y su incumplimiento puede dar lugar a sanciones [5].

Las principales obligaciones tributarias de los contribuyentes en Ecuador son: inscribirse en el RUC es obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas que realicen actividades económicas en Ecuador; emitir y entregar comprobantes de venta autorizados por el SRI por todas las transacciones que realicen; llevar contabilidad o registro de ingresos y egresos; presentar declaraciones de impuestos de forma periódica de acuerdo a su actividad económica y pagar impuestos que les corresponda de acuerdo a la ley.

El RUC es un sistema de identificación fiscal obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas que realicen actividades económicas en Ecuador. Este número único e intransferible permite a la Administración Tributaria controlar el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes.

El RUC permite a la Administración Tributaria identificar a las personas y empresas que realizan actividades económicas en el país; controlar el cumplimiento de las obligaciones fiscales, se utiliza para verificar que los contribuyentes cumplan con sus obligaciones fiscales, como la presentación de declaraciones de impuestos y el pago de impuestos; y, facilitar la gestión fiscal para los contribuyentes, ya que les permite realizar trámites en línea, como la emisión de facturas electrónicas.

En la actualidad la tendencia del desarrollo de las actividades económicas o negocios han crecido significativamente en las redes sociales, en donde con facilidad se desarrolla el comercio y los servicios; sin embargo, en el ámbito fiscal genera enorme preocupación que muchas actividades económicas se desarrollen mediante las redes sociales, de las cuáles una gran cantidad de contribuyentes se encuentran en la informalidad, no cuentan con RUC, no cuentan con una autorización para la facturación y no emiten facturas o notas de venta en sus transacciones con sus clientes, no llevan registros de ingresos y gastos o su contabilidad, no realizan declaraciones de impuestos ni del Impuesto al Valor Agregado (IVA) ni del Impuesto a la Renta (IR); es decir, no cumplen con sus deberes formales como contribuyentes ni pagan sus impuestos al estado; por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar el nivel de cumplimiento de los deberes formales de los contribuyentes que realizan actividades económicas mediante la red social WhatsApp en el cantón Pastaza.

2 Método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método.

El método multicriterio neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas está diseñado bajo las siguientes cualidades:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los criterios para para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas.
- El empleo de métodos multicriterios neutrosóficos en la evaluación y decisión.

El método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio, posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información.

2.1 Descripción de las etapas del método

El método está conformado por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se realizan las siguientes actividades:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El proceso debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del comercio electrónico. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

donde:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos. Los criterios sustentan el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento.

En la actividad se obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 1.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que:
$A: S \rightarrow [0,1]$,
y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosóficas [6], [7], [8], [9]. El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]

Término lingüístico	Números SVN
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

donde:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios *C*.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores. La figura 1 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

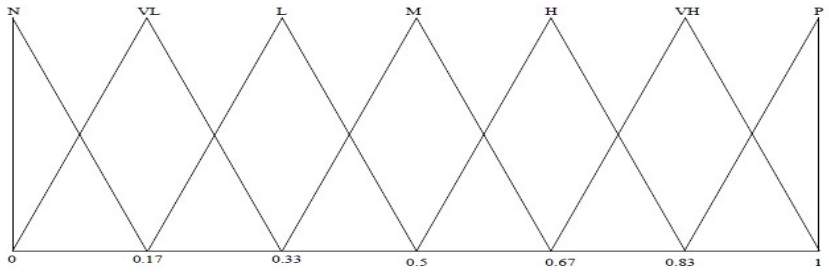

Figura 1. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:

N: Nulo VL: Muy Bajo L: Bajo
M: Medio H: Alto VH: Muy Alto
P: Preferido

Para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [10], [11], [12]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa.

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información [13-15]. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.

Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos *W* definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [16], [17], [18], [19]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [20],[21].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [22], [23], [24].
Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1,, w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1,, u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1,, p_2,, p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:
P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios evaluativos de los deberes formales en las actividades económicas.
w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Implementación del método neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso donde se representa un instrumento enfocado hacia el caso específico que se modela. El objeto de análisis es la empresa "Olivia Store", donde se implementará el método para la evaluación de la gestión de ventas. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de loes expertos.
Para la aplicación del método, se entregó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 5 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 5 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2
Tabla :

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos**.**

1	2	3	4	5
0,90	1	1	1	0, 90

Se aplicaron 3 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre deberes formales en las actividades económicas: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos y *Media* para 1 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados sobre deberes formales en las actividades económicas: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 3 expertos, *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento del estado actual de deberes formales en las actividades económicas: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 1 expertos.

La figura 2 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 5 de los 5 expertos previstos inicialmente.

Figura 2. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes.

La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas.

Número	Criterios evaluativos	Descripción
C_1	Naturaleza del Deber Formal Incumplido	Identificar y clasificar el tipo de deber incumplido (declaraciones fiscales, registros contables, emisión de comprobantes, entre otros).
C_2	Grado de Reiteración o Frecuencia del Incumplimiento	Analizar si el incumplimiento es ocasional o recurrente.
C_3	Impacto Económico y Social del Incumplimiento	Evaluar el efecto del incumplimiento en términos de evasión fiscal, distorsión del mercado o afectación a terceros.
C_4	Capacidad y Voluntad del Sujeto para Corregir el Incumplimiento	Determinar si el agente económico cuenta con los recursos y disposición para subsanar el incumplimiento

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multi experto, en el que participaron los 5 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos.

A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifica los pesos de los 5 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[0.8,0,15,0.20]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]

Se llegó al consenso en la segunda iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar el incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos

Número	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
Índice			[0.93, 15,0.15]

La figura 3 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

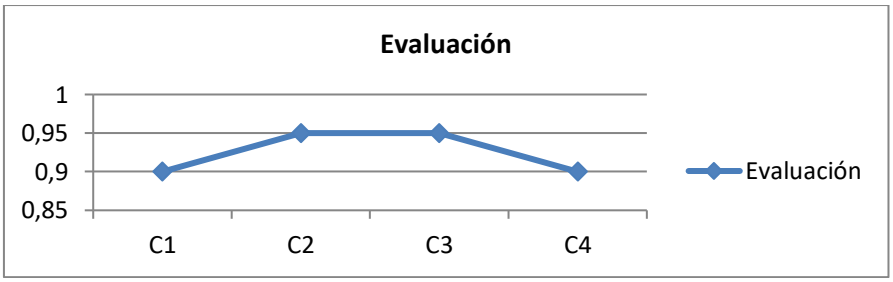

Figura 3. Comportamiento de las inferencias.

A partir de los datos presentados en la tabla 5, se identifica un índice de la propuesta de método multicriterio neutrosófico para la evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas en el caso de estudio con un I 0,93. Los resultados obtenidos son valorados como una alta evaluación del incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas.

4 Discusión

Los resultados de las encuestas realizadas a los contribuyentes que realizan actividades económicas mediante la red social WhatsApp en el cantón Pastaza, se muestran a continuación:

Pregunta 1: ¿Cuál es su género?

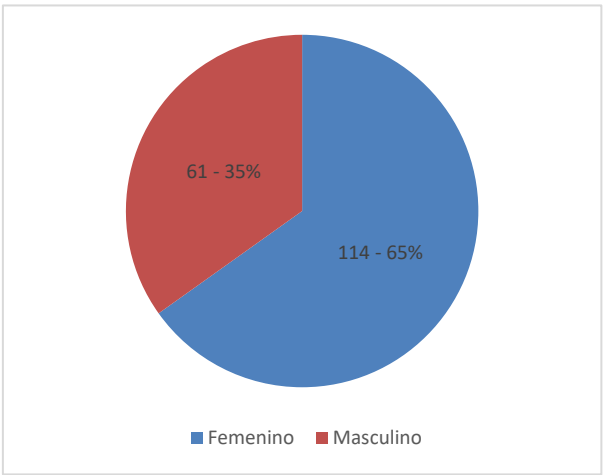

Figura 4: Pregunta 1 encuesta.
Elaborado por: Autores

Pregunta 2: ¿En qué rango se encuentra su edad?

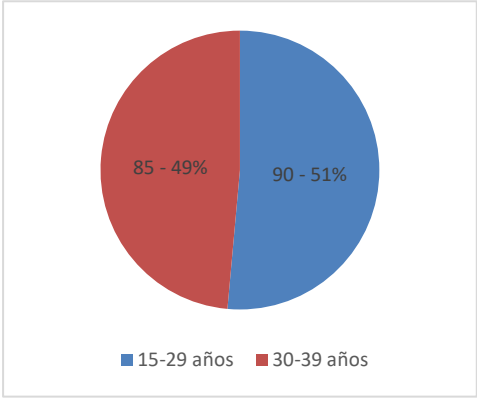

Figura 5: Pregunta 2 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 3: ¿Cuál es su nivel de educación?

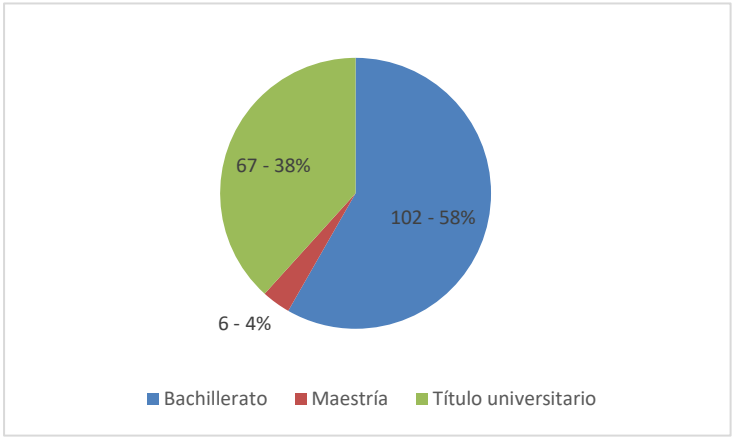

Figura 6: Pregunta 3 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 4:¿Qué actividad económica realiza a través de la red social WhatsApp?.

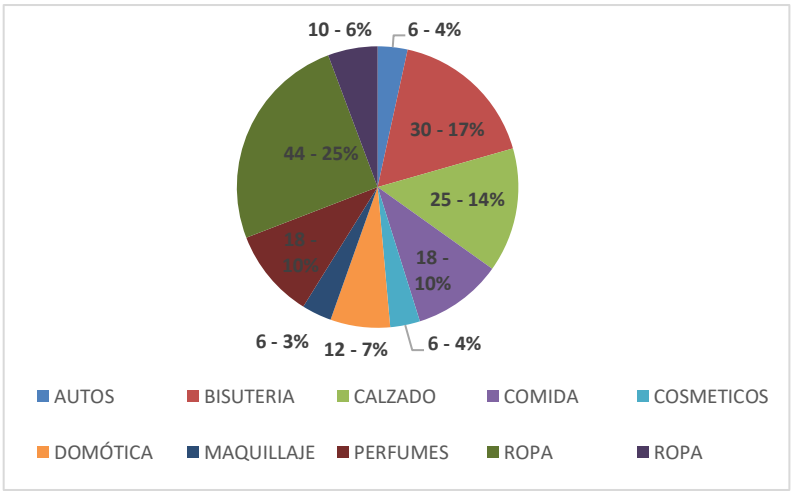

Figura 7: Pregunta 4 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 5: ¿Considera que es eficaz la venta de sus mercaderías o productos mediante el uso de redes sociales?.

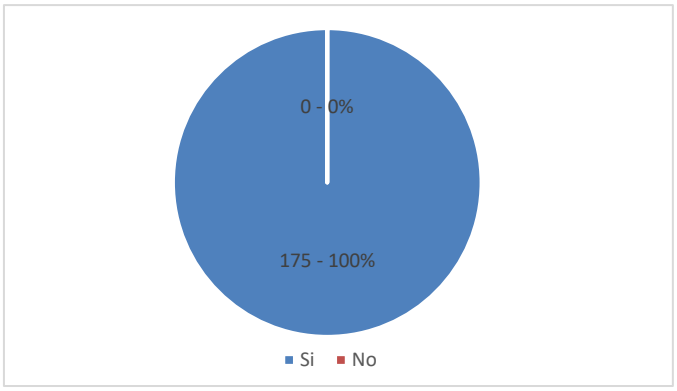

Figura 8: Pregunta 5 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 6: ¿Cuánto son sus ventas mensuales en promedio?.

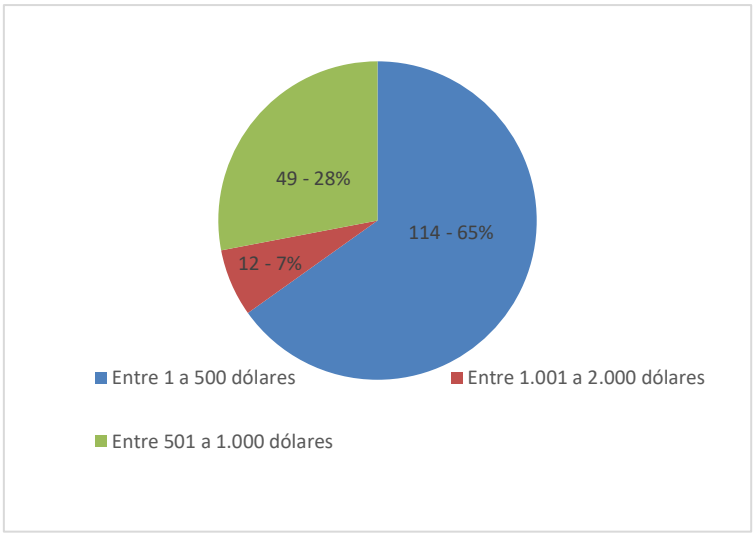

Figura 9: Pregunta 6 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 7: ¿Para realizar su actividad económica cuenta con el Registro Único de Contribuyentes (RUC)?.

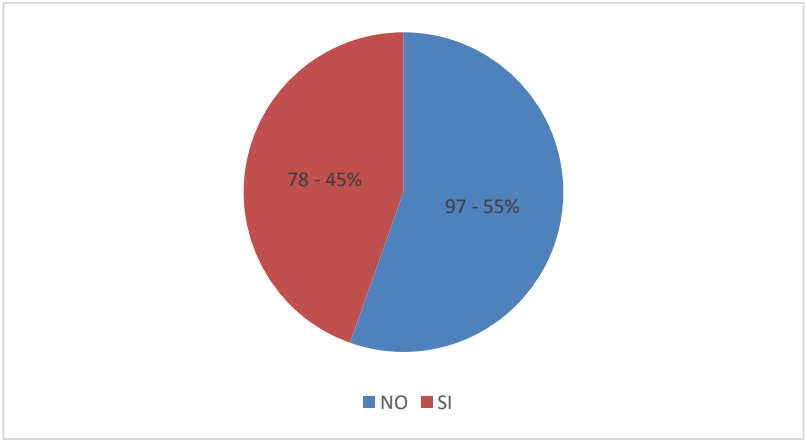

Figura 10: Pregunta 7 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 8: ¿Conoce usted cuáles son sus deberes formales y obligaciones tributarias como contribuyente?.

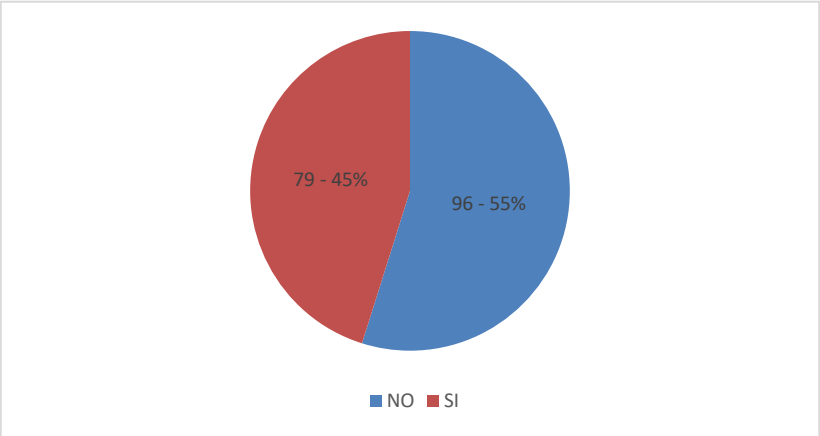

Figura 11: Pregunta 8 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 9: ¿Cuándo usted realiza las compras de sus mercaderías o productos le entregan comprobantes de venta autorizados por SRI?.

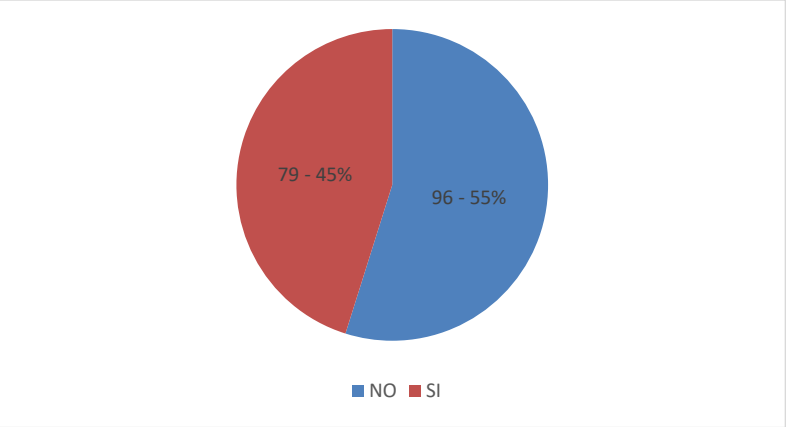

Figura 12: Pregunta 9 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 10: ¿Cuándo usted realiza las ventas de sus mercaderías o productos emite y entrega comprobantes de venta autorizados por SRI a sus clientes?.

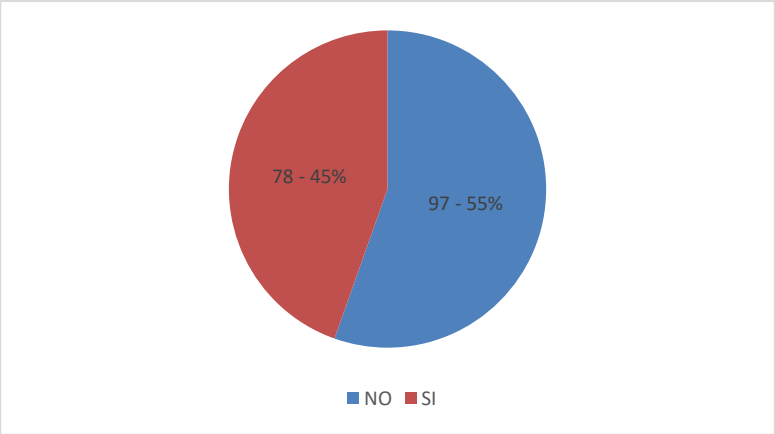

Figura 13: Pregunta 10 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 11: ¿Cumple con sus declaraciones y pagos de impuestos a tiempo?.

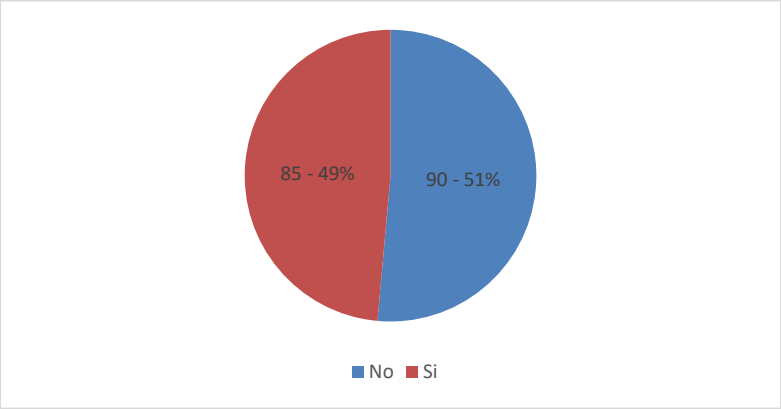

Figura 14: Pregunta 11 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 12: ¿Cómo considera usted que son las normas tributarias en el Ecuador para el pago de los impuestos de los contribuyentes?.

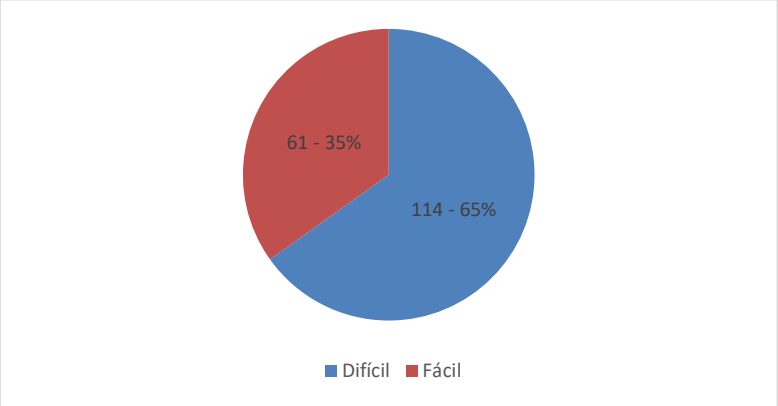

Figura 15: Pregunta 12 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 13: ¿Ha recibido capacitación tributaria por parte del SRI sobre las obligaciones tributarias y deberes formales que debe cumplir como contribuyente por su actividad económica a través de las redes sociales?.

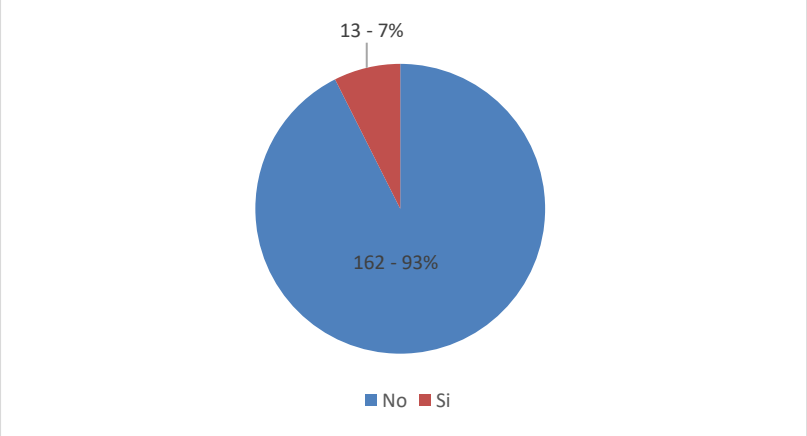

Figura 16: Pregunta 13 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 14: ¿Considera usted que el pago de los impuestos que deben hacer los ciudadanos son importantes para el desarrollo del país en las necesidades de educación, salud, seguridad, infraestructura, entre otros?.

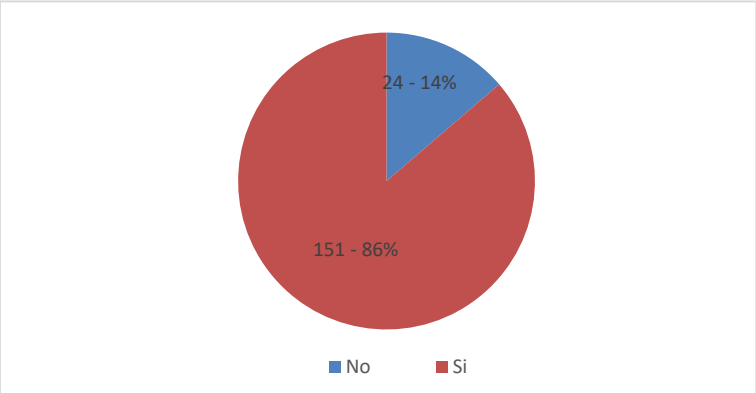

Figura 17: Pregunta 14 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Pregunta 15: ¿Alguna vez ha sido sancionado por no cumplir con alguno de sus deberes formales y obligaciones tributarias como contribuyente?.

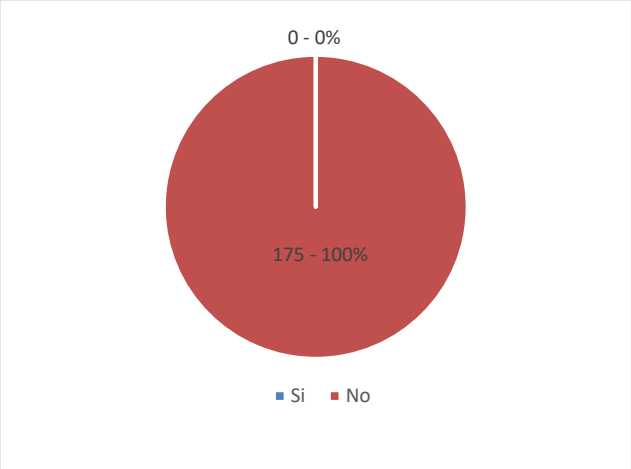

Figura 18: Pregunta 15 encuesta.
Elaborado por: Autores.

Según la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) [25] la evasión fiscal en las ventas en las redes sociales es un problema creciente, ya que estas plataformas dificultan el control por parte de las autoridades fiscales, que concuerda con los resultados de la encuesta: el 55% de las empresas que venden sus productos o servicios no tiene RUC; el 55% no conoce cuáles son sus deberes formales y obligaciones tributarias como contribuyente; el 55% de las compras de sus mercaderías no les entregan comprobantes de venta autorizados por SRI y el 55% de las ventas de mercaderías no emiten y ni entregan comprobantes de venta autorizados por SRI a sus clientes.

Según el Foro Económico Mundial (2023) [26] y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2023) [27]la evasión fiscal en las ventas en las redes sociales se refiere al acto de no declarar o pagar los impuestos correspondientes a las ventas realizadas a través de plataformas online como Facebook, Instagram, Twitter, entre otros; lo cual ratifica los resultados obtenidos: el 51% de los negocios que venden sus productos o servicios en WhatsApp no cumple con sus declaraciones y pagos de impuestos a tiempo.

Según el Código Tributario del Ecuador (2023) los deberes formales son las obligaciones que deben cumplir todos los contribuyentes, independientemente de la actividad económica que realicen. Estos deberes están establecidos en el Código Tributario y su incumplimiento puede dar lugar a sanciones, que concuerda con los resultados obtenidos: el 86% de las empresas considera que el pago de los impuestos que deben hacer los ciudadanos son importantes para el desarrollo del país en las necesidades de educación, salud, seguridad, infraestructura, entre otros; sin embargo, el 93% no ha recibido capacitación tributaria por parte del SRI sobre las obligaciones tributarias y deberes formales que deben cumplir como contribuyente por su actividad económica a través de las redes sociales

y el 65% consideran que las normas tributarias en el Ecuador para el pago de los impuestos de los contribuyentes son difíciles.

5 Conclusión

Con el desarrollo de un método neutrosófico multicriterios se evaluó el incumplimiento de los deberes formales en las actividades económicas realizadas en WhatsApp en el cantón Pastaza. Existen una cantidad importante de empresas que realizan actividades económicas en la red social de WhatsApp en el cantón Pastaza que no cumplen con sus obligaciones tributarias, ya que se encuentran en la informalidad, no cuentan con RUC, no emiten facturas o notas de venta autorizadas por el SRI a sus clientes, no llevan los registros de ingresos y gastos o su contabilidad y no realizan declaraciones ni pagan impuestos.

La baja cultura tributaria de las empresas que realizan sus ventas en la red social de WhatsApp se traduce en un bajo nivel de cumplimiento de las obligaciones fiscales, incluyendo la emisión de facturas y la competencia desleal con otros negocios que no facturan puede generar una desventaja para quienes sí cumplen con la normativa, ya que estos últimos tienen costos adicionales; acompañado del desconocimiento de sus deberes formales y la falta de capacitación tributaria.

La evasión fiscal en las ventas en las redes sociales es un problema creciente, ya que estas plataformas dificultan el control por parte de las autoridades fiscales, además la demasiada carga operativa que implica efectuar los procesos de control a quienes realizan actividades económicas en las redes sociales.

La administración tributaria debe iniciar una campaña para fomentar la cultura tributaria, que implique la capacitación y concientización para las empresas que realizan ventas por las redes sociales para el cumplimiento de sus deberes formales, buscar mecanismos que permitan simplificar el cumplimiento de las obligaciones tributarias de los contribuyentes e iniciar procesos de control.

Referencias

[1] D. R. Fuentes-Cancell, O. Estrada-Molina, and N. Delgado-Yanes, "Las redes sociales digitales: una valoración socioeducativa. Revisión sistemática," *Revista Fuentes,* vol. 23, no. 1, pp. 41-52, 2021.

[2] C. A. Carcelén Hurtado, E. S. Jiménez Romero, K. L. Fernández Rodríguez, and W. Ortiz Aguilar, "Estrategia didáctica mediada por redes sociales para la mejora del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 2, pp. 154-177, 2024.

[3] K. M. Zuñiga, M. M. O. Hernández, E. A. M. Lino, and K. G. M. Parrales, "Las redes sociales como herramienta de interacción en la Educación Superior," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 16, no. 3, pp. 36-45, 2023.

[4] C. d. C. d. Quito, "Estudio sobre el comercio electrónico en Ecuador 2023," *Quito: Cámara de Comercio de Quito*, 2023.

[5] M. E. P. A. Tandazo, J. M. J. Villamagua, and V. d. C. A. Márquez, "Comentarios al código tributario de lo sutantivo libro primero," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,* vol. 7, no. 1, pp. 208-220, 2023.

[6] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[7] J. Giráldez‐Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent‐based consumers decision‐making with 2‐tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[8] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[9] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[10] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[11] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[12] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[13] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[14] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[15] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[16] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards,* vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.

[17] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[18] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[19] P. Liu, H. Xu, and Y. Geng, "Normal wiggly hesitant fuzzy linguistic power Hamy mean aggregation operators and their application to multi-attribute decision-making," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 140, pp. 106224, 2020.

[20] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[21] T. R. Sampson, C. Challis, N. Jain, A. Moiseyenko, M. S. Ladinsky, G. G. Shastri, T. Thron, B. D. Needham, I. Horvath, and J. W. Debelius, "A gut bacterial amyloid promotes α-synuclein aggregation and motor impairment in mice," *Elife,* vol. 9, pp. e53111, 2020.

[22] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[23] X. Sha, Z. Xu, and C. Yin, "Elliptical distribution‐based weight‐determining method for ordered weighted averaging operators," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 34, no. 5, pp. 858-877, 2019.

[24] H. Garg, N. Agarwal, and A. Tripathi, "Choquet integral-based information aggregation operators under the interval-valued intuitionistic fuzzy set and its applications to decision-making process," *International Journal for Uncertainty Quantification,* vol. 7, no. 3, 2017.

[25] C. de Gobierno Público, "Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos," Obtenido de http://acts.oecd. org/Instruments/ShowInstrumentView. aspx .

[26] K. Duke, "Foro Económico Mundial y Foro Social Mundial: El desafío de sentarnos a reinventar el mundo," *Realidad: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, no. 133, pp. 369-398, 2012.

[27] A. Latina, "Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)," *División de Desarrollo*, 2000.

Recibido: noviembre 24, 2024. Aceptado: diciembre 20, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Neutrosophic Cognitive Map for assessing microbial influence on cognition and mood.

María Fernanda Morales Gómez[1], Jessica Lisbeth Vallejo Bayas[2], and Lissette Estefanía Muyulema Muyulema[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mariamorales@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.jessicalvb87@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.lissetteemm32@uniandes.edu.ec

Resumen. El trastorno depresivo mayor es uno de los trastornos mentales más incapacitantes a nivel mundial. Investigaciones recientes han resaltado la asociación entre cambios en la composición y función de la microbiota intestinal, conocidos como disbiosis, y el desarrollo y progresión de la depresión al influir en el eje intestino-cerebro. La disbiosis, aunque involucrada en la patogénesis de la depresión, también presenta oportunidades terapéuticas. En esta revisión, se examina la relación entre disbiosis y depresión, así como las interacciones entre fármacos antidepresivos y microbiota. Además, se exploran las potenciales ventajas de terapias dirigidas a la microbiota, como intervenciones dietéticas, trasplante fecal, probióticos, prebióticos y posbióticos. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Este enfoque emergente en la investigación microbiana apunta hacia nuevas direcciones para el tratamiento clínico y la comprensión de la depresión.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, evaluar la influencia microbiana, cognición y el estado de ánimo.

Abstract. Major depressive disorder is one of the most disabling mental disorders worldwide. Recent research has highlighted the association between changes in the composition and function of the gut microbiota, known as dysbiosis, and the development and progression of depression by influencing the gut-brain axis. Dysbiosis, although involved in the pathogenesis of depression, also presents therapeutic opportunities. In this review, the relationship between dysbiosis and depression is examined, as well as the interactions between antidepressant drugs and microbiota. Furthermore, the potential advantages of microbiota-targeted therapies, such as dietary interventions, fecal transplantation, probiotics, prebiotics, and postbiotics, are explored. The present research aims to develop a method for the assessment of microbial influence on cognition and mood. This emerging focus on microbial research points towards new directions for the clinical treatment and understanding of depression.

Keywords: Neutrosophic Cognitive Map, assessing microbial influence, cognition and mood

1 Introducción

La microbiota intestinal, compuesta por una diversidad de microorganismos, desempeña un papel crucial en la fisiología humana. Su composición es única para cada individuo y se ve fuertemente influenciada por factores como la genética, el desarrollo, el crecimiento y la localización anatómica [1].Con una cifra estimada de 10^18 microorganismos, predominantemente constituidos por bacterias anaeróbicas, el microbioma intestinal despliega una gama diversa de funciones, incluyendo la regulación de la motilidad intestinal, la metabolización de los alimentos y la absorción de nutrientes [2].

El trastorno depresivo mayor (TDM) es una enfermedad prevalente que impacta significativamente la vida cotidiana y la calidad de vida. Su incidencia ha aumentado, especialmente durante la pandemia de COVID-19. La complejidad del TDM exige más opciones de tratamiento, ya que no todos los tratamientos actuales son eficaces [3].

Recientemente, se ha confirmado que la composición de la microbiota intestinal, compuesta por una diversidad de microorganismos, incluidas bacterias y hongos, podría desempeñar un papel importante con los trastornos de

ansiedad y depresión, respaldado por al menos dos revisiones sistemáticas recientes [4]. Diversos estudios han demostrado que los roedores que presentan disbiosis en su microbiota intestinal exhiben comportamientos análogos a la ansiedad y la depresión [5], y que dichos comportamientos anormales pueden ser revertidos tras la administración de probióticos bacterianos [5]. Además, un estudio llevó a cabo el trasplante de microbiota fecal procedente de pacientes deprimidos en ratones con microbiota agotada, lo que resultó en la inducción de comportamientos similares a la depresión en dichos animales [6]. Sin embargo, también existe evidencia que respalda la existencia de un círculo vicioso patológico, donde los cambios asociados a la depresión pueden causar y empeorar la disbiosis [5]. Por lo tanto, aunque es posible que los cambios en el microbioma ocurran tempranamente en el TDM y puedan contribuir a su inicio, con el tiempo, los cambios patológicos asociados al TDM podrían tener un efecto aún mayor en la disbiosis al alterar el ambiente intestinal.

Los estudios observacionales han revelado que los pacientes diagnosticados con Trastorno Depresivo Mayor (TDM) muestran diferencias notables en la composición de su microbiota intestinal en comparación con individuos sanos, aunque aún no se ha identificado con claridad qué bacterias específicas podrían estar contribuyendo a estas disparidades grupales [7], [8]. A pesar de que la evidencia acumulada sugiere una asociación entre la composición de la microbiota intestinal y el TDM, aún no se ha establecido definitivamente si ciertos grupos bacterianos son responsables de desencadenar el TDM. Los estudios observacionales que se centran en la diversidad de la microbiota intestinal no pueden establecer una relación causal directa.

Algunos estudios experimentales sugieren que los antidepresivos pueden influir en la composición de la microbiota intestinal [9], lo que indica que ciertas bacterias específicas podrían jugar un papel crucial en la modulación de la patogénesis del TDM.

Basándonos en estas evidencias, planteamos la hipótesis de que las alteraciones en la composición de la microbiota intestinal podrían ser un factor contribuyente al desarrollo del TDM. Sin embargo, confirmar si esta correlación es de naturaleza causal y qué bacterias de la microbiota son las más significativas resulta esencial para mejorar las estrategias clínicas destinadas al tratamiento del TDM. Además de las bacterias intestinales, la microbiota no bacteriana también desempeña un papel en la patogénesis de la depresión.

Los bacteriófagos, como socios beneficiosos, influyen en la función de la microbiota bacteriana al fomentar la diversidad de genotipos y fenotipos bacterianos [6], [7]. Se han registrado cambios en la composición de los bacteriófagos en pacientes con Trastorno Depresivo Mayor (TDM), especialmente en los de tipo Caudovirales. Estos cambios también se han observado en un modelo de depresión en primates no humanos, sugiriendo que la alteración de los bacteriófagos Caudovirales es característica de la depresión [2]. Además, se ha documentado una disbiosis fúngica intestinal en pacientes deprimidos, y se cree que una red alterada de hongos y bacterias está relacionada con la aparición de la depresión [10]. Se ha examinado previamente el papel de Candida albicans en la fisiopatología de trastornos psiquiátricos como la depresión. Las interacciones predominantes entre la microbiota bacteriana y no bacteriana en el intestino son complejas, lo que sugiere que estudiar las propiedades de las bacterias sin considerar otras microbiotas no bacterianas podría brindar una visión sesgada del papel de las redes funcionales que realmente involucran a múltiples microorganismos y comunidades microbianas [2].

Esta revisión bibliográfica examina específicamente la asociación entre la disbiosis y el TDM, así como las interacciones entre los medicamentos y la microbiota en el tratamiento de la depresión, señalando posibles avances terapéuticos en este campo en evolución. El objetivo de este estudio es investigar la relación entre la disbiosis y la depresión, así como analizar las interacciones entre los fármacos antidepresivos y la microbiota intestinal. Además, se busca explorar las posibles ventajas de las terapias dirigidas a la microbiota, tales como intervenciones dietéticas, trasplante fecal, probióticos, prebióticos y posbióticos, con el fin de comprender mejor su impacto en el tratamiento y manejo de la depresión.

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes sobre la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de personas que representan las alternativas a analizar en el proceso de evaluación en el que:

El número de pacientes $P= \{P_1, \dots P_n\},\ n \geq 1,$

Que poseen un de criterios de influencias que representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C= \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2.$

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [11]. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas a la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [12], [13] . La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

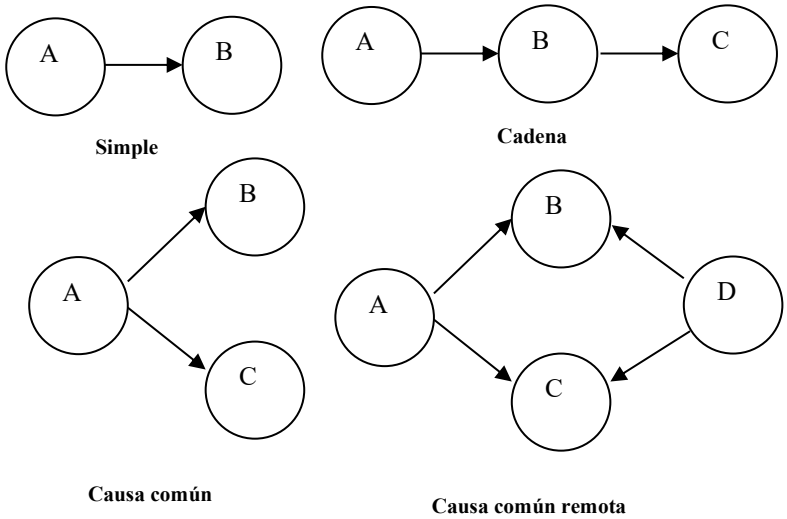

Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

Los Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN): es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [14] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [15], [16]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [17, 18].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [19]:

• $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.

• $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.

• $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

2.2 Método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo a partir del conjunto de criterios. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto (entradas, procesamiento y salidas).

Las entradas del sistema: representan el conjunto de personas a analizar, los criterios de evaluación, relaciones asociadas, las relaciones causales que poseen los criterios y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

El método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo, está conformado por cinco actividades (identificación de los criterios evaluativos, determinación de las relaciones causales, identificación de los pesos atribuidos a los criterios y generación del diagnóstico) que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos: La identificación de los criterios evaluativos representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de criterios que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios de evaluación. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente Alta (EB)	[1,0,0]
Muy muy Alta (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy Alta (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alta (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente Alta (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente baja (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Baja (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy baja (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy baja (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente baja (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [20], , [21] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios evolutivos: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [22], [23]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [24-26].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificaciones del estado del cumplimiento de los criterios la identificación del estado de cumplimiento de los criterios es la actividad que consiste en determinar el estado de las preferencias presentes en los casos de análisis [27-29]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias de la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AS)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación del diagnóstico: el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [30], [31] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [32].

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función de evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

El proceso de selección de los criterios representa la identificación de los elementos que influyen microbiana en la cognición y el estado de ánimo. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterio
C_1	Composición de la microbiota intestinal
C_2	Producción de metabolitos bioactivos
C_3	Estado inflamatorio sistémico
C_4	Integridad de la barrera intestinal y cerebral
C_5	Evaluación de parámetros psicológicos y cognitivos

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[0.75, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.8,0,15,0.20]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.8,0,15,0.20]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), Se obtiene el comportamiento del peso atribuido a los criterios. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios.

Criterios	Incidencias	Peso
C_1	Composición de la microbiota intestinal	[0.85,0,15,0.20]
C_2	Producción de metabolitos bioactivos	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	Estado inflamatorio sistémico	[0.85,0,15,0.20]
C_4	Integridad de la barrera intestinal y cerebral	[0.85,0,15,0.20]
C_5	Evaluación de parámetros psicológicos y cognitivos	[0.85,0,15,0.20]

Actividad 4 identificaciones de las preferencias de los criterios:

A partir de la interacción con los casos de análisis se determina la preferencia que poseen sobre los criterios. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: preferencia atribuida a los criterios evaluativos.

Pacientes	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]

Actividad 5 generaciones del diagnóstico:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los casos de análisis mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios y prevé la evolución en los casos de análisis. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación realizada.

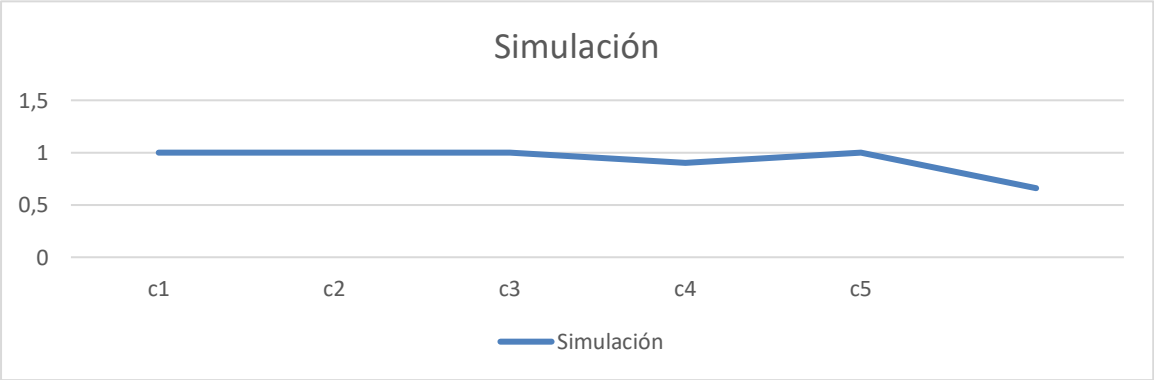

Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de una enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Procesamiento y evaluación.

Pacientes A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
C_4	[0.85,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.89, 0.5,0.25]
C_5	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
Índice			[0.92, 0.1, 0.1]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un desarrollo de un I= 0.92, para el caso analizado representa una muy alta evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

4 Análisis de los resultados

Los resultados de los estudios revisados presentan un significativo resultado en relación a los microbiomas intestinales y la salud mental, destacando la importancia de comprender y abordar este vínculo en el contexto clínico y de investigación. La necesidad de prestar atención a la dieta y los medicamentos que pueden afectar la composición y función de los microbiomas intestinales, así como la consideración de suplementos probióticos como parte integral de la dieta. Además, se plantea la relevancia de abordar la inflamación como parte del tratamiento para enfermedades psiquiátricas, lo que podría representar un avance significativo en la atención médica.

El estudio [33] sugiere la importancia de considerar los efectos a largo plazo de eventos estresantes, medicamentos y nutrición en la salud mental, particularmente durante la infancia. Los estudios [34], [35] apoyan este argumento y señalan la necesidad de una mejor comprensión de los mecanismos biológicos subyacentes, como el eje microbiota-intestino-cerebro (MGB) y las vías intestinales y neuronales, en el desarrollo de la depresión y otros trastornos psiquiátricos.

Los estudios revisados presentan evidencia crucial para la realización de más investigaciones de laboratorio y poder profundizar en la compresión de estos mecanismos y establecer nuevas estrategias de tratamiento basada en los microbiomas.

Por otro lado, a pesar de que se han realizado varios estudios sobre el microbioma intestinal y su efecto en la salud mental, algunos estudios [35] cuestionan estos descubrimientos y proponen la realización de más investigaciones y aplicación de métodos más rigurosas para obtener información adicional.

Asimismo, se enfatiza la necesidad de más estudios a gran escala para validar y fortalecer los hallazgos de investigación anterior, así como la importancia de considerar las limitaciones de la literatura existente, como las restricciones de idioma y la exclusión de ciertos tipos de diseño de investigación.

5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales para evaluar la influencia microbiana en la cognición y el estado de ánimo.

La revisión de los estudios evidenciaron resultados similares y coherentes que respaldan la relación entre los microorganismos del tracto gastrointestinal, que influyen en procesos cognitivos, y la función vital del eje intestino-cerebro en la manifestación y tratamiento de trastornos mentales y enfermedades psiquiátricas. A pesar de los avances prometedores, la investigación sobre el microbioma intestinal aún se encuentra en una etapa temprana y requiere una mayor exploración.

Además, se descubrió que se necesitan más estudios de laboratorio para comprender mejor la composición, características y concentraciones de los microorganismos intestinales que desempeñan un papel en la salud mental y las enfermedades psiquiátricas. Aún estamos lejos de comprender completamente la función de estos fascinantes microorganismos intestinales en la cognición humana.

Finalmente, una vez que se aclaren estos aspectos, podemos abordar de manera más efectiva muchas enfermedades psiquiátricas que actualmente resultan difíciles de tratar

Referencias

[1] M. C. Cenit, Y. Sanz, and P. Codoñer-Franch, "Influence of gut microbiota on neuropsychiatric disorders," *World journal of gastroenterology,* vol. 23, no. 30, pp. 5486, 2017.

[2] F. Guarner, "Papel de la flora intestinal en la salud y en la enfermedad," *Nutrición hospitalaria,* vol. 22, pp. 14-19, 2007.

[3] D. F. Santomauro, A. M. M. Herrera, J. Shadid, P. Zheng, C. Ashbaugh, D. M. Pigott, C. Abbafati, C. Adolph, J. O. Amlag, and A. Y. Aravkin, "Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic," *The Lancet,* vol. 398, no. 10312, pp. 1700-1712, 2021.

[4] C. A. Simpson, O. S. Schwartz, and J. G. Simmons, "The human gut microbiota and depression: widely reviewed, yet poorly understood," *Journal of Affective Disorders,* vol. 274, pp. 73-75, 2020.

[5] M. Gómez-Eguílaz, J. L. Ramón-Trapero, L. Pérez-Martínez, and J. R. Blanco, "El eje microbiota-intestino-cerebro y sus grandes proyecciones," *Rev Neurol,* vol. 68, no. 03, pp. 111, 2019.

[6] C. Castañeda Guillot, "Trasplante de microbiota fecal," *Revista Cubana de Pediatría,* vol. 91, no. 3, 2019.

[7] Y. Huang, X. Shi, Z. Li, Y. Shen, X. Shi, L. Wang, G. Li, Y. Yuan, J. Wang, and Y. Zhang, "Possible association of Firmicutes in the gut microbiota of patients with major depressive disorder," *Neuropsychiatric disease and treatment*, pp. 3329-3337, 2018.

[8] K. Sanada, S. Nakajima, S. Kurokawa, A. Barceló-Soler, D. Ikuse, A. Hirata, A. Yoshizawa, Y. Tomizawa, M. Salas-Valero, and Y. Noda, "Gut microbiota and major depressive disorder: a systematic review and meta-analysis," *Journal of affective disorders,* vol. 266, pp. 1-13, 2020.

[9] Y. Ait Chait, W. Mottawea, T. A. Tompkins, and R. Hammami, "Unravelling the antimicrobial action of antidepressants on gut commensal microbes," *Scientific reports,* vol. 10, no. 1, pp. 17878, 2020.

[10] J. R. Kelly, Y. Borre, C. O'Brien, E. Patterson, S. El Aidy, J. Deane, P. J. Kennedy, S. Beers, K. Scott, and G. Moloney, "Transferring the blues: depression-associated gut microbiota induces neurobehavioural changes in the rat," *Journal of psychiatric research,* vol. 82, pp. 109-118, 2016.

[11] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.

[12] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.

[13] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.

[14] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[15] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.

[16] J. L. G. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica,* vol. 8, no. 1, 2015.

[17] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.

[18] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.

[19] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[20] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.

[21] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[22] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[23] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[27] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[28] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[29] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[30] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[31] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[32] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[33] Á. V. Narváez, G. A. A. Chamorro, and L. M. R. López, "Sospecha fallida de síndrome neuroléptico maligno en una paciente con esquizofrenia," *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía,* vol. 32, no. 1, pp. 81-85, 2023.

[34] N. Heym, B. Heasman, K. Hunter, S. Blanco, G. Wang, R. Siegert, A. Cleare, G. Gibson, V. Kumari, and A. Sumich, "The role of microbiota and inflammation in self-judgement and empathy: implications for understanding the brain-gut-microbiome axis in depression," *Psychopharmacology,* vol. 236, pp. 1459-1470, 2019.

[35] S. C. Kleiman, E. C. Bulik-Sullivan, E. M. Glenny, S. C. Zerwas, E. Y. Huh, M. C. Tsilimigras, A. A. Fodor, C. M. Bulik, and I. M. Carroll, "The gut-brain axis in healthy females: lack of significant association between microbial composition and diversity with psychiatric measures," *PloS one,* vol. 12, no. 1, pp. e0170208, 2017.

Recibido: noviembre 25, 2024. Aceptado: diciembre 21, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones con el uso de la Inteligencia Artificial en la Nefrología.

Recommendation system with the use of Artificial Intelligence in Nephrology.

Alex Ramón Valencia Herrera[1], Lizbeth Antonella Castro Castro[2], Luiggy Fabricio Jaña Navarrete[3], and Marco Alexander Toscano Paredes[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.alexvalencia@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.lizbethacc24@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.luiggyfjn95@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.marcoatp88@uniandes.edu.ec

Resumen: La inteligencia artificial en la nefrología es de gran utilidad en el diagnóstico, tratamiento y prevención de patologías renales, principalmente porque emplea algoritmos inteligentes que reducen el tiempo de atención hospitalaria al organizar la información de los pacientes y utilizar técnicas avanzadas como la hemodiálisis, la diálisis peritoneal y las terapias de depuración renal extracorpórea. Además, la incorporación de nuevos avances en nanotecnología para terapias renales y el desarrollo de un riñón artificial que podría reemplazar el trasplante renal son procesos que los nefrólogos están comenzando a explorar en este campo. Esta investigación tiene como objetivo de desarrollar un sistema de recomendaciones sobre el uso de la inteligencia artificial en la nefrología. Lo resultados enfatizan la importancia de la inteligencia artificial en la medicina y su aplicación en la nefrología, especialmente para los pacientes renales crónicos que requieren terapias de sustitución renal. Se comprobó que aquellos pacientes cuyo diagnóstico se realizó de manera temprana obtuvieron mejores expectativas de vida en comparación con aquellos que buscaban atención médica solo tras la aparición de síntomas evidentes, resaltando así la importancia del empleo de la IA en el diagnóstico de pacientes del área de nefrología.

Palabras Claves: sistema de recomendaciones, números neutrosóficos, Inteligencia Artificial, Nanotecnología, nefrología.

Abstract. Artificial intelligence in nephrology is very useful in the diagnosis, treatment and prevention of kidney pathologies, mainly because it uses intelligent algorithms that reduce hospital care time by organizing patient information and using advanced techniques such as hemodialysis, peritoneal dialysis and extracorporeal renal purification therapies. In addition, the incorporation of new advances in nanotechnology for renal therapies and the development of an artificial kidney that could replace a kidney transplant are processes that nephrologists are beginning to explore in this field. This research aims to develop a system of recommendations on the use of artificial intelligence in nephrology. The results emphasize the importance of artificial intelligence in medicine and its application in nephrology, especially for chronic kidney patients who require renal replacement therapies. It was found that patients diagnosed early had better life expectancy compared to those who sought medical attention only after the onset of obvious symptoms, thus highlighting the importance of using AI in the diagnosis of patients in the nephrology area.

Keywords: recommendation system, neutrosophic numbers, Artificial Intelligence, Nanotechnology, nephrology

1 Introducción

La inteligencia artificial (IA) dentro de la medicina surge con el propósito de simular procesos de intelecto, aprendizaje y raciocinio humanos a través del empleo de sistemas informáticos. Se la nombró por primera ocasión en los años 50, pero no se la reconoció hasta la década del 2000 donde obtuvo aceptación y aplicación médica especialmente en la predicción de enfermedades y solución de problemas prácticos. Actualmente se encuentra calificada para analizar algoritmos complejos y efectuar un autoaprendizaje, certificando una mejor valoración de riesgos y beneficios para brindar un mejor diagnóstico a los pacientes con patologías graves [1]. Dentro de la Nefrología aparece con la finalidad de reconocer factores de riesgo de enfermedad renal que sean difíciles de identificar directamente [2].

Estos algoritmos inteligentes tienen la capacidad de predecir eventos que superan la precisión humana. Las personas con enfermedad renal terminal dependen de la tecnología de la diálisis o del también llamado riñón artificial ya que sin este es imposible poder mantenerse con vida. Por esta razón, surge la necesidad de investigar aportes científicos con información significativa sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la Nefrología, para correlacionar adecuadamente tanto los conocimientos teóricos y prácticos con los tecnológicos y con ello lograr brindar una mejor atención médica al paciente y otorgarle un diagnóstico y tratamiento preciso sobre su enfermedad [3].

En los últimos años, la inteligencia artificial ha tenido gran repercusión en la formación académica de muchos estudiantes de medicina, principalmente en la práctica médica diaria ya que ha otorgado al estudiante las herramientas teóricas y clínicas necesarias para tener la capacidad de actuar adecuadamente ante un paciente, y brindar una atención de calidad al familiarizarse con las distintas máquinas y aparatos tecnológicos encaminados a tratar un sinnúmero de patologías renales [4].

En la actualidad la IA se utiliza para la detección de la retinopatía sin la necesidad de acudir al oftalmólogo, o en el uso de prótesis robóticas y dispositivos de endoscopia. En la nefrología se ha decidido utilizar la IA, la ML (aprendizaje automático) y el Big Data para prevenir la ERC y evitar el trasplante renal, pero si este no se puede impedir, el objetivo principal se reemplaza por la búsqueda de la supervivencia a largo plazo y una buena calidad de vida para el paciente [5].

En la investigación de Arizón [6], se destaca la importancia de los sistemas de IA en el campo de la Nefrología, enfatizando la necesidad de que las decisiones tomadas por los algoritmos sean comprensibles y confiables, los conceptos básicos de aprendizaje automático y su aplicación en medicina renal, resaltando la colaboración entre expertos médicos y científicos de la computación. Se mencionan desafíos como sesgos, sobreajuste y generalización en el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automático.

Además, se aborda el papel de la IA en mejorar la atención al paciente y la eficiencia operativa en el ámbito de la salud. Hace referencia a estudios sobre predicción y estratificación de riesgos en resultados renales, así como a la aplicación de la IA en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades renales. Se discuten los beneficios potenciales y los desafíos de la implementación de la IA en nefrología, incluyendo el acceso y calidad de los datos, la privacidad de los datos, la colaboración y validación de modelos de IA en la práctica clínica, y la necesidad de educación en IA para los nefrólogos [6].

La IA es una herramienta poderosa que los médicos están utilizando para mejorar el diagnóstico y el pronóstico de las enfermedades renales. Los modelos de aprendizaje automático analizan los datos de cada paciente e identifican todos los parámetros renales y sus alteraciones, con el propósito de detectar los estadios de ERC, los problemas fistulares y las complicaciones cardiovasculares. Aunque la IA asegura y promete a futuro mejorar los diagnósticos clínicos, predecir riesgos, brindar tratamientos óptimos y atención personalizada, tiene varias complicaciones y desafíos, un ejemplo es la privacidad y seguridad de los datos, ya que deben pasar por organismos de regulación para luego ser almacenados y utilizados, resultando en un gran problema para la IA ya que esta necesita de una gran cantidad de información para generar sus algoritmos [7].

En el contexto de la nefrología, el uso de grandes volúmenes de datos, conocido como big data, y la inteligencia artificial puede transformar el diagnóstico y tratamiento de enfermedades renales. Al implementar un sistema de recomendaciones que utilice técnicas de lógica neutrosófica, se busca mejorar la precisión en la toma de decisiones clínicas. La lógica neutrosófica, que permite trabajar con incertidumbre y aproximaciones, resulta particularmente adecuada para analizar la complejidad de los datos clínicos, facilitando la detección temprana de patologías renales [8].

Este enfoque se fundamenta en la integración de herramientas de inteligencia artificial para procesar y analizar la información recolectada de diversos pacientes. A través de algoritmos de aprendizaje automático, es posible identificar patrones y tendencias que, de otro modo, pasarían desapercibidos. La combinación de analítica avanzada con lógica neutrosófica no solo optimiza el diagnóstico, sino que también proporciona recomendaciones personalizadas, considerando variables múltiples que caracterizan a cada paciente. De esta manera, se espera que el sistema ofrezca un apoyo efectivo a los profesionales de la salud en su búsqueda por mejorar los resultados en pacientes con enfermedades renales, al facilitar decisiones clínicas más informadas y oportunas.

2 Preliminares

Promesas del big data y la inteligencia artificial en nefrología y trasplantes

Las enfermedades renales son cada vez más frecuentes alrededor del mundo, la lesión renal aguda (IRA) y la enfermedad renal crónica (ERC) son las más representativas de este grupo y si no se tratan a tiempo, tarde o temprano se va hacer uso del trasplante renal. El incremento de la tecnología permite digitalizar la información médica con la historia clínica electrónica (HCE), esto facilita el almacenamiento y procesamiento de la información médica y formando los registros médicos electrónicos (EHR). Los EHR son de gran utilidad para el Big Data, ya que proporcionan fuentes de información rápida para la investigación de patologías renales, permitiendo brindar a los pacientes un mejor diagnóstico y tratamiento. Además, la IA utiliza estos datos para evaluar los riesgos

posibles, la efectividad de las intervenciones clínicas y el pronóstico del tratamiento y las terapias de sustitución renal [9].

Inteligencia artificial en la enfermedad renal

La inteligencia artificial en la enfermedad renal busca predecir eventos futuros, ayudar al tratamiento e identificar patrones no reconocidos de riesgo utilizando datos demográficos, clínicos y de laboratorio de los pacientes, principalmente los biomarcadores circulantes como el TNF plasmático y la molecula-1 de lesión renal. De igual madera, permite pronosticar la TFG estimada en intervalos de 6,12 y 18 meses con una precisión >95% mediante el empleo de la TFGe histórica o el logaritmo de TFGe (log-eGFR) que mide la progresión de daño renal en la ERC y actualmente es empleada en conjunto con la herramienta CKD Forecaster con la finalidad de apoyar a los nefrólogos en la toma de decisiones clínicas [10].

Por otra parte, la implementación de la historia clínica electrónica (HCE) en los hospitales incrementa la cantidad de información de los pacientes, por lo que el aprendizaje automático (ML) beneficia a los médicos al brindarles sistemas informáticos inteligentes que mejoran constantemente en base a la experiencia y reducen el tiempo de atención entre pacientes, permitiendo brindar mejores terapias a los enfermos renales y anticiparse a los resultados futuros. Esto lo logra al estudiar a detalle la supervivencia de riñones trasplantados en comparación a los pacientes sometidos a terapia de diálisis con la finalidad de elegir un tratamiento más acorde a su diagnóstico y necesidad personal [11].

La lesión renal aguda (IRA) en el 2015 fue reconocida como un síndrome excelente para el uso de IA, debido a que es una enfermedad muy común, fácil de diagnosticar y es muy frecuente para el sistema de salud. La IA proporciona un mejor seguimiento, recursos, investigación y herramientas que ayudan a reducir la mortalidad y morbilidad en pacientes hospitalarios. El algoritmo que se utiliza para la predicción de IRA se basa en monitorear constantemente los cambios en la creatinina sérica (SCr) y la producción de orina (UOP), a esto se le suma un aumento de los niveles de potasio, fosforo, disminución de TA y la acidosis metabólica. Años atrás se realizaba la predicción de riesgo de IRA con datos postoperatorios, en la actualidad con la IA se los hace de forma automatizada y en tiempo real [12].

La enfermedad renal crónica afecta a un 11-13% de la población mundial, principalmente por el aumento creciente de eventos cardiovasculares y la mala calidad de vida, lo que condiciona a que los pacientes experimenten complicaciones durante su tratamiento como la hipertensión, la anemia, los trastornos óseos, la sobrecarga hídrica, las alteraciones ácido-base, la desnutrición, la disfunción sexual y el prurito, afectando su calidad de vida. Por otro lado, los factores de riesgo modificables como la DM, la proteinuria, el IMC, el tabaquismo y los medicamentos nefrotóxicos, así como los no modificables como la edad, el sexo, el origen étnico, antecedentes de enfermedad renal y el nivel socioeconómico bajo, son condiciones a tener en cuenta al momento de diagnóstico la ERC y brindar un diagnóstico y tratamiento eficaz para retrasar la evolución de la enfermedad renal [13].

Por esta razón, se ha introducido a la IA con la finalidad de mostrar procesos complejos de toma de decisiones y análisis de datos a través del aprendizaje automático que implica enseñar a las máquinas a reconocer patrones y predecir datos sin programación explícita. Esto lo hacen por medio del estudio supervisado que incluye el diagnóstico de ERC a partir de ecografía renal, imágenes del fondo de ojo y la medición de los niveles de hemoglobina en pacientes con hemodiálisis que reciben agentes estimulantes de la eritropoyetina(AEE), y el no supervisado que se encarga de emplear datos sin etiquetar con la finalidad de agrupar a pacientes según sus características clínicas y demográficas, descubrir sus biomarcadores o los subtipos desconocidos de la enfermedad con el propósito de revolucionar el pronóstico del paciente [13].

Estas tecnologías son de gran importancia en la medicina y dentro del campo de la nefrología, ya que permiten digitalizar la información con la finalidad de analizar grandes conjuntos de datos de registros médicos de pacientes, para agilitar el tiempo empleado por el personal de salud en brindar un diagnóstico personalizado y tratamiento eficaz que se base en las necesidades personales de cada persona, y se encamine en predecir el riesgo a desarrollar ERC.

La relación más transcendental de la IA en las patologías renales se relaciona con los servicios de diálisis. Los resultados más significativos se obtienen mediante la creación de sistemas de auditoria impulsados por algoritmos de inteligencia artificial de aprendizaje automático. La extracción de datos temporales es importante ya que nos permite identificar las causas de los resultados clínicos insatisfactorios y se basa en la medición aspectos relevantes que ocurren en una sesión de diálisis como la eliminación eficiente del producto catabólico proteico, o las caídas repentinas de presión y la disminución del agua corporal total [11].

En la actualidad se excluye el efecto de la diálisis sobre mortalidad de los pacientes, se ha demostrado con gran precisión que las consecuencias de las diálisis muestran poca asociación con la mortalidad. La IA brinda una medición personalizada de distintitos cambios que pueden ocurrir en un paciente, variaciones que una máquina de diálisis real no puede reaccionar o adaptarse. Un modelo reciente de IA resultó importante ya que pudo anticipar la aparición de hipotensión y predecir las reacciones que puede tener el paciente, teniendo en cuenta variables como el volumen sanguíneo, la frecuencia cardiaca y la presión arterial [12].

La predicción de la hipotensión intradialitica se la obtiene mediante el uso de técnicas de redes neuronales (NN) las cuales fueron probadas usando el software BrainMaker Professional, esta técnica incluso supera a nefrólogos experimentados, en la práctica diaria IA es un recurso importante para predecir el peso seco en hemodiálisis teniendo en cuenta la bioimpedancia, los valores de presión arterial y el volumen sanguíneo y de esta manera la IA resulta muy útil para conocer los resultados insatisfactorios que ocurren durante una sesión de diálisis [14].

3 Materiales y métodos

Los sistemas de recomendaciones son herramientas fundamentales en la actualidad, diseñadas para ayudar a los usuarios en la toma de decisiones mediante el filtrado y clasificación de información relevante. Estos sistemas operan seleccionando datos que se alinean con los requerimientos específicos del usuario, lo que les permite recibir sugerencias personalizadas y útiles en diversos contextos [15, 16]. En el ámbito de la nefrología, la implementación de un sistema de recomendaciones para el diagnóstico de enfermedades renales resulta especialmente valiosa, ya que puede ayudar a los profesionales médicos a identificar patrones clínicos y a optimizar el proceso de diagnóstico, mejorando así la atención al paciente.

Para esta investigación, se adoptará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación fundamentados en este tipo de enfoque analizan información específica sobre las necesidades y preferencias del usuario, realizando inferencias que guían las sugerencias. Esto permite que el sistema no solo tenga en cuenta la información clínica disponible, sino también el contexto individual de cada paciente. Así, el sistema propuesto se configurará como una herramienta de apoyo que facilita la toma de decisiones diagnósticas precisas y oportunas en nefrología.

El sistema de recomendaciones propuesto para esta investigación está diseñado con un enfoque claro y estructurado, compuesto por cuatro procesos esenciales. Primero, la creación de una base de perfiles de pacientes que integren información clínica significativa. Luego, se obtendrán estos perfiles de los pacientes utilizando datos disponibles de diversas fuentes, incluyendo historia clínica y estudios previos. A continuación, se aplicará un procedimiento de filtrado que permitirá seleccionar la información más relevante, considerando coincidencias y similitudes con otros casos previamente diagnosticados [17]. En la cuarta actividad se generarán recomendaciones basadas en el perfil de semejanza, lo que permitirá a los profesionales de la salud contar con un recurso adicional para sostener sus decisiones clínicas y favorecer el diagnóstico temprano de enfermedades renales. Este enfoque no solo busca mejorar la calidad de atención, sino también contribuir a mejores resultados en la gestión de la salud renal. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

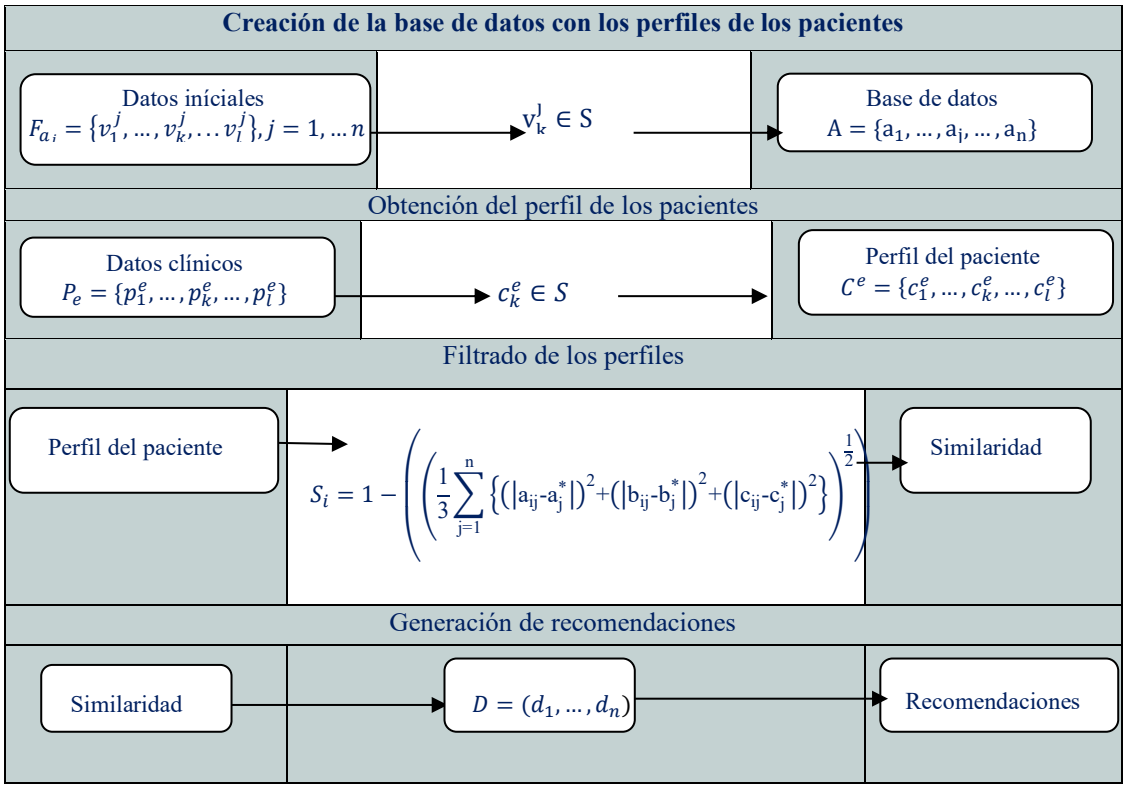

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Cordón [18, 19]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de los pacientes:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones determinándose el perfil de los pacientes tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{1}$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los pacientes desde historias clínicas digitales:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{2}$$

Las valoraciones de las características de los pacientes, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [20-22]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de pacientes con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil de los pacientes del área de nefrología:

En esta actividad se determina la información de los pacientes sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los pacientes:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante casos previos [23] computados correctamente y sin ruido en los datos. Además, son empleadas las siguientes técnicas de IA:

- Análisis predictivo de patologías: La IA puede utilizar grandes volúmenes de datos históricos y clínicos para identificar patrones y factores de riesgo asociados a enfermedades renales. Esto permite la implementación de modelos predictivos que ayuden a anticipar el desarrollo de condiciones como la enfermedad renal crónica (ERC) o lesiones renales agudas, facilitando un diagnóstico temprano y la intervención adecuada.
- Personalización del tratamiento: Con el empleo de machine learning, el sistema de recomendaciones puede adaptar tratamientos y terapias basándose en las características individuales de cada paciente, como su edad, comorbilidades, y respuestas a tratamientos previos. Esto permite ofrecer opciones más precisas y efectivas, optimizando la atención médica y mejorando los resultados clínicos.
- Optimización de recursos y procesos: La IA puede analizar la eficacia de diferentes enfoques terapéuticos y de manejo de recursos en nefrología, como la hemodiálisis o la diálisis peritoneal. Mediante el análisis de datos de rendimiento y resultados, el sistema podrá recomendar las mejores prácticas y guiar a los profesionales en la asignación eficiente de recursos, mejorando así la calidad del cuidado del paciente.
- Monitoreo continuo y alertas proactivas: Utilizando técnicas de análisis de datos en tiempo real, el sistema puede implementar un monitoreo continuo de los pacientes, alertando a los médicos sobre cambios significativos en los parámetros de salud, como la función renal o la aparición de complicaciones. Esto no solo permite una atención más oportuna, sino que también contribuye a un mejor manejo de las enfermedades renales a largo plazo.

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más probables según las características presentes [24, 25]. Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los

pacientes, P_e y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos y que ha sido confirmado con una enfermedad renal. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{6}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de los pacientes actualmente en diagnóstico y los almacenados como confirmados con enfermedades renales, a_j [26].

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de los pacientes en diagnóstico y los almacenados como confirmados con algún padecimiento renal en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similaridad:

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué paciente actualmente en diagnóstico, tiene mayor grado de probabilidad de padecer una enfermedad renal, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados.

4 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones con el uso de la Inteligencia Artificial en la Nefrología para el diagnóstico temprano de enfermedades. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitando el trabajo para la recomendación de posible padecimiento de enfermedades renales y otras asociadas a la Nefrología.

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre pacientes de Nefrología con un diagnóstico confirmado. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$$

Donde:

c_1: Factores de riesgo: antecedentes familiares de enfermedades renales, diabetes mellitus, hipertensión y antecedentes de trastornos autoinmunitarios, es crucial

c_2: Marcadores bioquímicos: niveles de creatinina, nitrógeno ureico en sangre (BUN), y electrolitos (sodio, potasio, fósforo).

c_3: Síntomas clínicos: fatiga, hinchazón, cambios en la micción o dolor en la parte baja de la espalda, entre otros.

c_4: Imágenes médicas: resultados de imágenes de resonancia magnética, tomografía computarizada (TC) y ultrasonidos, así como datos de biopsias renales, entre otros.

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [27].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de pacientes.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	MB	MB	B	B
a_2	MB	MB	MMB	M
a_3	MMB	B	B	M
a_4	MB	M	B	MDB
a_5	MB	MB	B	MDB
a_6	MMB	B	B	M
a_7	MB	M	B	MDB
a_8	MB	MMB	MMB	M

Si un especialista en Nefrología u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando el perfil del paciente en análisis. En este caso:

$$P_e = \{\text{MB}, \text{MB}, \text{B}, \text{MDB}\}$$

El siguiente paso es el cálculo de la similitud entre el perfil del paciente actualmente en diagnóstico y los perfiles almacenados en la base de datos que han sido confirmados con enfermedades renales.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del paciente analizado

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
0.80	0.50	0.25	0.30	0.95	0.20	0.30	0.15

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del paciente analizado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_5, a_1, a_2, a_4, a_7, a_3, a_6, a_8\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_5, a_1$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_1$$

El sistema de recomendaciones propuesto, basado en el uso de inteligencia artificial, ofrece una herramienta invaluable para la práctica clínica en nefrología, al facilitar un diagnóstico más preciso y oportuno de enfermedades renales. Gracias a su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y patrones previamente identificados, este sistema permitirá a los profesionales de la salud acceder a recomendaciones personalizadas que se adaptan a las características específicas de cada paciente. Además, al integrar información clínica, antecedentes familiares, resultados de pruebas bioquímicas y hallazgos de imágenes médicas, el sistema no solo ayuda a identificar la presencia de afecciones renales con mayor eficacia, sino que también promueve una atención médica más proactiva y centrada en el paciente. Esto se traduce en un ahorro de tiempo y recursos, así como en una mejora significativa en los resultados de salud, al permitir que los médicos tomen decisiones informadas y fundamentadas en datos concretos, optimizando así el manejo y tratamiento de las enfermedades renales. La implementación de este sistema no solo potencia la capacidad diagnóstica sino que también contribuye a ofrecer una atención integral y de calidad, impactando positivamente en la vida de los pacientes.

5 Discusiones

La inteligencia artificial ha generado un gran impacto en la nefrología, la implementación de nuevas técnicas junto con el uso de la información médica que se encuentra almacenada en la base de datos ha abierto un gran número de posibilidades en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades renales. Por lo que concuerda con el autor, ya que el uso de la IA se enfatiza en brindar una medicina personalizada y el seguimiento de pacientes con enfermedades renales, agregando que los principales desafíos de la IA son la seguridad y la privacidad de los datos.

Soriano [10] refiere que el notable crecimiento que la IA va a obtener en un futuro, llegando así a plantearse varias técnicas renovadoras como el uso de la nanotecnología, la cual junto con la implementación de mecanismos innovadores que se encuentran en proceso de realización ayudaran a prevenir la lesión renal, reducir la nefrotoxicidad e identificar los marcadores de riesgo renal. Lo que concuerda con el autor debido a que el objetivo de la IA y de la nanotecnología es reducir el índice de enfermedad renal y el número pacientes que necesiten terapia de reemplazo o trasplante renal, añadiendo los obstáculos que existirán a futuro a causa de la implementación de estas técnicas de nanotecnología.

De igual forma, [9] plantean el impacto de la nanotecnología y el uso de la IA en los nuevos profesionales que ejercen en el área de la salud, principalmente en el campo de la nefrología, por lo cual es indispensable que los médicos en formación se vayan relacionando con los fundamentos y los conceptos básicos de la nanonefrología desde su preparación universitaria. Al mismo tiempo se enfatiza la relación que existe entre la nanotecnología y el uso de la inteligencia artificial (IA) con las grandes bases de almacenamiento de datos, esto la finalidad de capacitar a los médicos para que en el futuro sean capaces de emplear tanto sus conocimientos académicos como los tecnológicos en la implementación de nuevas técnicas para el tratamiento de patologías renales.

El uso de la IA en la nefrología ofrece un gran potencial para mejorar el diagnóstico, la predicción y el tratamiento de las enfermedades renales. Las herramientas de la IA, así como los algoritmos de aprendizaje automático, han demostrado su utilidad en el desarrollo de modelos predictivos para diferentes enfermedades renales, en la optimización de estrategias para el tratamiento y en la mejora de los resultados de los pacientes. Sin embargo, la aplicación de la IA a la nefrología se enfrenta a grandes retos como el acceso y la protección de los datos y su calidad, así como de prejuicios y cuestiones legales. Por ello es esencial que los nefrólogos se familiaricen con los principios básicos de la IA para utilizar estas tecnologías con eficacia y ofrecer una atención de calidad a los pacientes.

6 Conclusión

El desarrollo del sistema de recomendaciones en nefrología, que integra inteligencia artificial para el diagnóstico de enfermedades renales, permite inferir patrones y facilitar la identificación temprana de condiciones a partir de datos clínicos limitados. En un contexto donde la información sobre la salud renal puede estar dispersa y no ser concluyente, este sistema ofrece una herramienta robusta para los profesionales de la salud, permitiéndoles tomar decisiones fundamentadas basadas en un análisis exhaustivo de la información disponible. Además, al hacer uso de algoritmos avanzados que analizan tanto datos históricos como síntomas clínicos, el sistema se convierte en un recurso vital para anticipar complicaciones y mejorar la atención al paciente. De esta manera, se optimiza la respuesta médica en un ámbito demandante y crítico, garantizando que los pacientes reciban la atención adecuada incluso en situaciones donde los datos y la información no son claros ni abundantes.

Referencias

[1] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, “La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación,” *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[2] S. O. Escalona González, and Z. C. González Milán, “Inteligencia artificial en la predicción de mortalidad por enfermedad renal crónica,” *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba,* vol. 12, no. 3, 2022.

[3] R. Sawhney, A. Malik, S. Sharma, and V. Narayan, “A comparative assessment of artificial intelligence models used for early prediction and evaluation of chronic kidney disease,” *Decision Analytics Journal,* vol. 6, pp. 100169, 2023.

[4] F. P. Schena, V. W. Anelli, J. Trotta, T. Di Noia, C. Manno, G. Tripepi, G. D’Arrigo, N. C. Chesnaye, M. L. Russo, and M. Stangou, “Development and testing of an artificial intelligence tool for predicting end-stage kidney disease in patients with immunoglobulin A nephropathy,” *Kidney international,* vol. 99, no. 5, pp. 1179-1188, 2021.

[5] S. Badrouchi, M. M. Bacha, H. Hedri, T. Ben Abdallah, and E. Abderrahim, “Toward generalizing the use of artificial intelligence in nephrology and kidney transplantation,” *Journal of Nephrology,* vol. 36, no. 4, pp. 1087-1100, 2023.

[6] L. Fayos De Arizón, E. R. Viera, M. Pilco, A. Perera, G. De Maeztu, A. Nicolau, M. Furlano, and R. Torra, “Artificial intelligence: a new field of knowledge for nephrologists?,” *Clinical Kidney Journal,* vol. 16, no. 12, pp. 2314-2326, 2023.

[7] F. Bellocchio, and H. Zhang, "Artificial intelligence in nephrology," Frontiers Media SA, 2023, p. 1270769.

[8] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[9] C. Thongprayoon, W. Kaewput, K. Kovvuru, P. Hansrivijit, S. R. Kanduri, T. Bathini, A. Chewcharat, N. Leeaphorn, M. L. Gonzalez-Suarez, and W. Cheungpasitporn, "Promises of big data and artificial intelligence in nephrology and transplantation," 4, MDPI, 2020, p. 1107.

[10] M. L. Soriano, A. Rodríguez-Benot, and M. Valcárcel, “Nanotechnological foundations of a “new” Nephrology,” *Nefrología (English Edition),* vol. 38, no. 4, pp. 362-372, 2018.

[11] C. Diez-Sanmartin, A. Sarasa-Cabezuelo, and A. A. Belmonte, “The impact of artificial intelligence and big data on end-stage kidney disease treatments,” *Expert Systems with Applications,* vol. 180, pp. 115076, 2021.

[12] T. Bajaj, and J. L. Koyner, “Artificial intelligence in acute kidney injury prediction,” *Advances in chronic kidney disease,* vol. 29, no. 5, pp. 450-460, 2022.

[13] P. Krisanapan, S. Tangpanithandee, C. Thongprayoon, P. Pattharanitima, and W. Cheungpasitporn, "Revolutionizing chronic kidney disease management with machine learning and artificial intelligence," 8, MDPI, 2023, p. 3018.

[14] A. Burlacu, A. Iftene, D. Jugrin, I. V. Popa, P. M. Lupu, C. Vlad, and A. Covic, "Using artificial intelligence resources in dialysis and kidney transplant patients: a literature review," *BioMed research international,* vol. 2020, no. 1, pp. 9867872, 2020.

[15] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, V. M. G. Macías, and O. M. Cornelio, "La enseñanza–aprendizaje de la neurociencia en la educación superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2023.

[16] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[19] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[20] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[21] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[22] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[23] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, "Gestion empresarial y posmodernidad: Infinite Study," 2018.

[24] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.

[25] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[26] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[27] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

Recibido: noviembre 25, 2024. Aceptado: diciembre 21, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético mediante la prueba de noack.

Neutrosophic multi-criteria method for the evaluation of the volatility of SAE 10w30 semi-synthetic and synthetic oil using the noack test.

Giovanny Vinicio Pineda Silva[1], Antonio Gabriel Castillo Medina[2], Juan Diego Zurita Vargas[3], and Jorge Andrés Rodas Buenaño[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.antoniocm83@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.juanzv40@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jorgerb85@uniandes.edu.ec

Resumen. Los usuarios de vehículos tienen inquietudes sobre el uso y las ventajas de cada tipo de aceite, razón por la cual se llevó a cabo un estudio comparativo de la volatilidad entre los aceites lubricantes Kendall GT-1 Max Motor Oil SAE 10W30 (sintético) y Kendall GT-1 High Performance Motor Oil SAE 10W30 (semisintético). La volatilidad, una de las características más cruciales para el buen funcionamiento de un lubricante, se midió utilizando la prueba de Noack según la norma ASTM D5800. La presente investigación propone el desarrollo de un método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético mediante la prueba de noack. El método propuesto basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio para la evaluación.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, lubricante; volatilidad, Noack, aceite sintético, aceite semisintético.

Abstract. Vehicle users have concerns about the use and advantages of each type of oil, which is why a comparative study of the volatility between Kendall GT-1 Max Motor Oil SAE 10W30 (synthetic) and Kendall GT-1 High Performance Motor Oil SAE 10W30 (semi-synthetic) was carried out. Volatility, one of the most crucial characteristics for the proper functioning of a lubricant, was measured using the Noack test according to ASTM D5800. The present research proposes the development of a neutrosophic multicriteria method for the evaluation of the volatility of semi-synthetic and synthetic SAE 10w30 oil using the Noack test. The proposed method bases its operation on a multicriteria approach for the evaluation.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, lubricant; volatility, Noack, synthetic oil, semi-synthetic oil.

1 Introducción

La volatilidad, una de las propiedades físicas de los lubricantes es un aspecto fundamental para considerar, en vista de que implica variaciones de volumen y por ende consumo de aceite que no necesariamente es producto de la combustión, lo cual sumada a otras condiciones podría afectar la correcta operatividad del motor. Las propiedades del fluido lubricante son de suma importancia y deben considerarse para el desarrollo de la industria automotriz nacional como parte del mantenimiento preventivo y predictivo. Si bien es cierto los aceites sintéticos poseen menor volatilidad que los semisintéticos y minerales, existe la duda si la diferencia es o no significativa [1].

En la investigación desarrollada por [2] donde investigaron biolubricantes derivados de aceites vegetales como alternativas prometedoras para aplicaciones automotrices, evaluando sus características de volatilidad y estabilidad a la oxidación. Mediante procesos de modificación química, se creó una variedad de biolubricantes a partir de

diferentes tipos de aceites vegetales, cuyo comportamiento de volatilidad se caracterizó utilizando técnicas como la termogravimetría y las pruebas Noack. En comparación con los aceites lubricantes minerales tradicionales, estos biolubricantes exhibieron una menor volatilidad y pérdidas por evaporación. Además, su estabilidad a la oxidación se evaluó a través de pruebas de oxidación acelerada, donde algunos biolubricantes demostraron una estabilidad superior a la de ciertos aceites sintéticos comerciales, beneficiándose de la composición química rica en antioxidantes naturales presente en los aceites vegetales. En conjunto, este estudio resalta que los biolubricantes derivados de aceites vegetales poseen características prometedoras, como baja volatilidad y alta estabilidad a la oxidación, convirtiéndolos en alternativas atractivas a los aceites lubricantes convencionales para aplicaciones automotrices.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de efectos de diferentes niveles de pH en el esmalte dental. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método.

El método multicriterio neutrosófico para la valuación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético está diseñado bajo las siguientes cualidades:

Las cualidades que distinguen al modelo son:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación de efectos de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de las personas que interactúan con el método.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético.
- El empleo de métodos multicriterios en la evaluación.

El método para la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio, posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

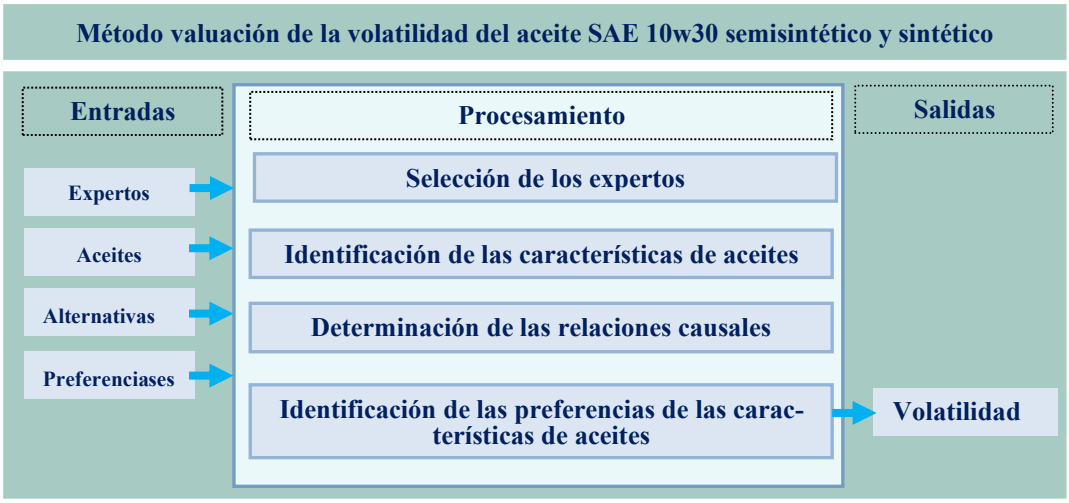

Figura 1. Esquema general del funcionamiento del método para la valuación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético.

2.1 Descripción de las etapas del método

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo para la valuación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método.

La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [3]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se realizan las siguientes actividades:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El procedo debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Donde:

K_c: coeficiente de conocimiento o información

n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que participan en el proceso, se procede a determinar los criterios evaluativos. Estos criterios alimentan el método, funcionando como parámetros de entrada para la etapa de procesamiento. Las actividades desarrolladas en colaboración con los expertos incluyen lo siguiente:

1. **Selección inicial de criterios:**
   - Se envía un cuestionario a los integrantes del panel para recopilar sus opiniones sobre los criterios evaluativos que sustentan la investigación. El cuestionario, previamente diseñado, permite identificar un conjunto inicial de criterios aportados por los expertos.
2. **Análisis de las respuestas:**
   - Se examinan las respuestas del panel, identificando áreas de consenso y discrepancia. Este análisis facilita una comprensión del comportamiento de las respuestas y permite reconocer los elementos comunes entre los criterios propuestos.
3. **Revisión y retroalimentación:**
   - Se envía un resumen del análisis a los miembros del panel junto con un nuevo cuestionario. Se solicita a los expertos que revisen sus respuestas y expliquen las razones de sus discrepancias con respecto a los criterios identificados. Este paso busca refinar y consolidar el conocimiento aportado por el grupo.
4. **Iteración del proceso:**
   - El proceso se repite de manera iterativa hasta que las respuestas se estabilicen. Esta estabilización indica la convergencia del panel hacia un consenso, lo que constituye el punto de parada del método y el resultado general del análisis.

La actividad obtienen como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 1.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados

en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que:

$A: S \rightarrow [0,1]$,

y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \quad (4)$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [4], [5], [6], [7]. El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \quad (5)$$

Donde:

VA: valor agregado,

E: cantidad de expertos que participan en el proceso,

C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos del efectos de diferentes volatilidades del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético[8-10]. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [11-13]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

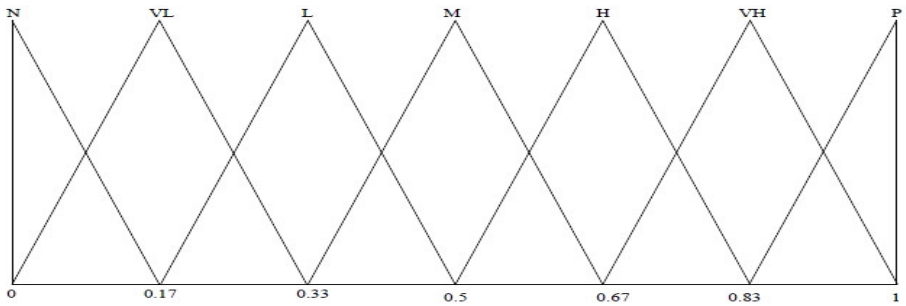

Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde: N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación del efectos de diferentes volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [14], [15], [16]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa.

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.

Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, ..., A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos *W* definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos [17-19].

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [20], [21], [22]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [23],[24].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [25], [26], [27].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:

P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios para la evaluación del impacto de la Neuralgia del Trigémino

w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso donde se representa un instrumento enfocado hacia el caso específico que se modela. El objeto de análisis es la evaluación del efecto de diferentes volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 7 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 7 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 5 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 1 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 5 puntos.

- 1 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2

Tabla:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos**.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.6	1	0,90	0,90	1	1	1	0.5

Se aplicaron 4 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre volatilidad del aceite SAE 10w30 semi-sintético y sintético: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 7 expertos y *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores ecuatorianos sobre volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 6 expertos, *Media* para 1 expertos y *Baja* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 3. Contacto directo con investigaciones sobre volatilidad del aceite SAE 10w30 semi-sintético y sintético: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 7 expertos, *Media* para 1 expertos y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento del estado de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 6 expertos, *Media* para 1 expertos y *Baja* para 2 expertos.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

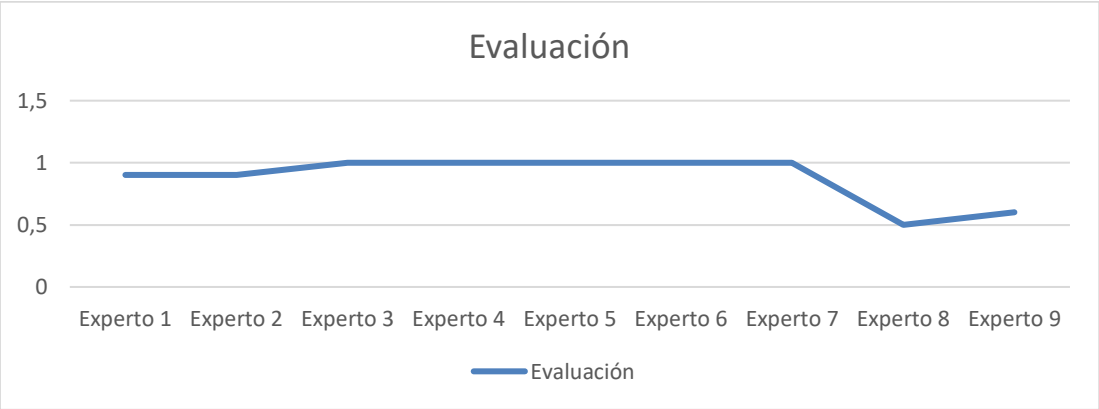

Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios evaluativos para la evaluación sobre la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético y sintético. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

Número	Criterios evaluativos
C_1	Pérdida por Evaporación (Noack Volatility Test)
C_2	Índice de Viscosidad (Viscosity Index, VI)
C_3	Punto de Fluidez (Pour Point)
C_4	Composición de Hidrocarburos Livianos
C_5	Resistencia a la Oxidación

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos.

A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifica los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.85,0,15,0.20]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.85,0,15,0.20]
C_5	[1,0,0]

Se llegó al consenso en la segunda iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por cada caso de análisis

Número	W	Preferencia	$\sum_{i=1} w_j b_j$
C_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[0.85,0,15,0.20]	[0.8,0,15,0.20]	[0.82, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0.85, 0.1, 0.1]
C_4	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
C_5		[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
	[1,0,0]		

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

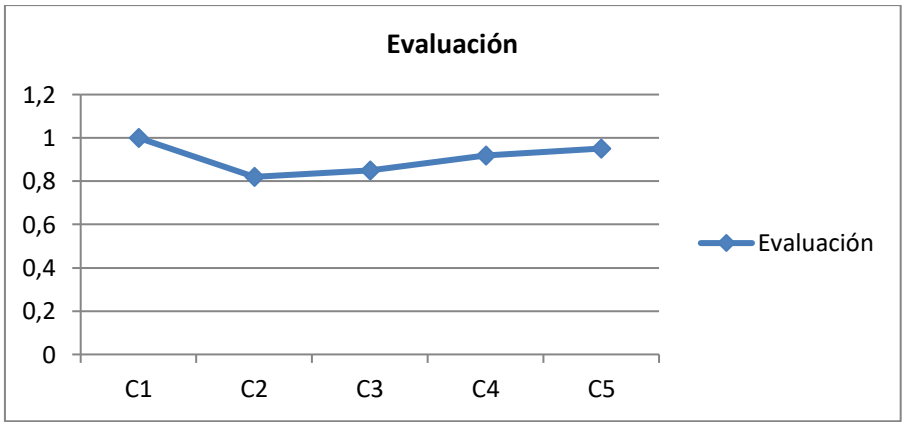

Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

3.1 Discusión

Una vez desarrolladas las mediciones, se muestra en la siguiente figura las curvas de los valores medidos de porcentaje de volatilidad para los aceites sintético y semisintético.

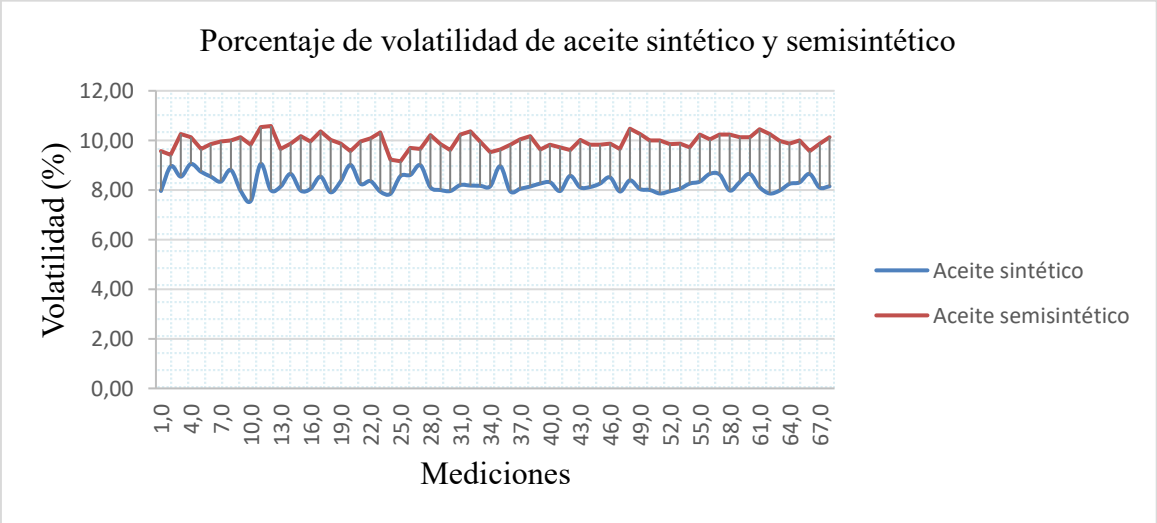

Figura 5. Valores medidos de porcentaje de volatilidad.

Se presenta a continuación los resultados de la media aritmética y desviación estándar correspondientes al porcentaje de volatilidad de los aceites objeto de estudio, estadígrafos necesarios para su posterior procesamiento e interpretación.

Tabla 6. Media aritmética y desviación estándar del porcentaje de volatilidad.

Porcentaje de evaporación	Símbolo	Aceite sintético	Símbolo	Aceite semisintético
Media aritmética	$\bar{X}_S$	8,28	$\bar{X}_{SS}$	9,94
Desviación estándar	S_S	0,34	S_{SS}	0,30

Posterior a efectuar el análisis estadístico de los datos recopilados referentes al porcentaje de fracción volátil, con el propósito de determinar la existencia o no de divergencias estadísticamente significativas entre la variación porcentual de dicho parámetro en un lubricante sintético y uno semisintético, se procede a formular las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula (H_o): No existe una diferencia significativa entre los porcentajes de volatilidad entre el aceite lubricante semisintético y sintético.

Hipótesis alternativa (H_a): Existe una diferencia significativa entre los porcentajes de volatilidad entre el aceite lubricante semisintético y sintético.

Dado que los datos muestran un ajuste a una distribución normal para cada uno de los lubricantes, según los resultados del test de Shapiro-Wilk, la prueba t de Student fue el estimador estadístico elegido para su aplicación. La siguiente tabla muestra los parámetros correspondientes a los valores calculados y tabulados:

Tabla 7. Parámetros prueba t Student.

Parámetro	Símbolo	Magnitud
Diferencia entre medias	$\bar{X}_{SS} - \bar{X}_S$	1.66
Error estándar de las diferencias	$SE = \sqrt{\frac{{S_{SS}}^2}{n} + \frac{{S_S}^2}{n}}$	0.054
Valor t calculado	$t_c = \frac{\bar{X}_{SS} - \bar{X}_S}{SE}$	30.19

Parámetro	Símbolo	Magnitud
Nivel de significancia	α	0.05
Grados de libertad	$gdl = n - 1$	67
Valor t tabulado	t_t	1.997

El valor de $t_c > t_t$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que estipula que existe una diferencia significativa entre el porcentaje de volatilidad del aceite lubricante semisintético y sintético.

El valor del estadístico de prueba t_c (t calculado) es superior al valor crítico de la distribución t de Student a un nivel de significancia establecido t_t (t tabulado); por consiguiente, se procede a rechazar la hipótesis nula (Ho) y aceptar la hipótesis alternativa (Ha), la cual postula la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje de volatilidad del lubricante semisintético y el lubricante sintético.

4 Conclusión

A partir de la implementación del método propuesto, se obtienen vectores de pesos de agregación para la evaluación de los criterios evaluativos que representó la base del proceso de la evaluación de la volatilidad del aceite SAE 10w30 semisintético. Para llevar a cabo las mediciones necesarias para el desarrollo de la investigación, se hizo uso de un equipo especializado de ensayo de volatilidad NCK2 5G. Previo a su utilización, se verificó minuciosamente que el equipo se encontrara debidamente calibrado y en óptimas condiciones operativas, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos, siguiendo rigurosamente los protocolos y procedimientos establecidos por la prueba Noack.

La norma ASTM D5800 establece el método estándar para determinar las pérdidas por evaporación de los aceites lubricantes mediante la prueba de Noack. Se requiere una cantidad de 60 gramos de aceite para someterla a una temperatura de 250°C durante un periodo de 60 minutos, posteriormente se cuantifica la pérdida de masa del aceite debido a la evaporación; el seguir estos lineamientos aseguran resultados reproducibles y comparables entre diferentes aceites lubricantes.

Para llevar a cabo las mediciones de manera rigurosa y obtener resultados estadísticamente representativos, se calculó un tamaño de muestra de 68 unidades tanto para el aceite semisintético como para el sintético. Es importante destacar que estas muestras no provinieron de un único lote de producción, lo cual permitió considerar posibles fluctuaciones o variaciones inherentes al proceso productivo, aportando una mayor confiabilidad a los datos recopilados.

En función de las pruebas realizadas, para el aceite de grado sintético, el porcentaje de volatilidad determinado fue de 8.28%; por otro lado, el aceite semisintético registró un porcentaje de volatilidad más elevado, alcanzando el 9.94%. Esta diferencia numérica, obtenida mediante un meticuloso procedimiento de medición y análisis de datos, pone en evidencia el comportamiento distinto de ambos productos ante la prueba de volatilidad realizada bajo condiciones estandarizadas.

Tras comprobar que los valores de volatilidad registrados se ajustaban a una distribución normal, se procedió a aplicar la prueba t de Student para la comparación de medias entre ambos grupos. Esta técnica estadística paramétrica, permitió determinar que la diferencia entre los porcentajes de volatilidad del aceite lubricante semisintético y el sintético es estadísticamente significativa que no puede atribuirse al azar, sino que constituye una diferencia real y consistente entre las propiedades de estos dos tipos de aceites en cuanto a su comportamiento frente a la evaporación bajo condiciones controladas.

El aceite sintético demuestra un comportamiento más favorable en cuanto a la mitigación de pérdidas por evaporación. Esta propiedad incide en el desempeño y durabilidad de los componentes móviles que requieren lubricación, ya que una menor volatilidad contribuye a mantener un volumen más estable del fluido lubricante, optimizando así su función y extendiendo la vida útil de los elementos lubricados.

Referencias

[1] W. P. C. Herrera, and O. T. Cunalata, “Principios de tribología aplicados en la ingeniería mecánica,” *Editorial Área de Innovación y Desarrollo, SL*, 2019.

[2] D. Li, C. Zhu, A. Wang, and T. He, “Modelling visco-elastohydrodynamic lubrication of polymer-based composites,” *Tribology International,* vol. 174, pp. 107716, 2022.

[3] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[4] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[5] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[6] J. Giráldez‐Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent‐based consumers decision‐making with 2‐tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[7] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[8] V. V. Falcón, B. S. Martínez, J. E. Ricardo, and M. Y. L. Vázquez, "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S3, pp. 70-78, 2021.

[9] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[10] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[11] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[12] J. Ricardo, A. Fernández, and M. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science*, pp. 151-159, 2022.

[13] M. L. Vázquez, J. Estupiñan, and F. Smarandache, "Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas," *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101,* vol. 14, pp. 01-08, 2020.

[14] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[15] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[16] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[17] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[18] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[19] A. Rodríguez, J. C. P. Tarragó, D. L. D. Gálvez, and R. L. Pisco, "Modelo de formación constructivista en el proceso Enseñanza-Aprendizaje virtual," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 11, pp. 175-184, 2020.

[20] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards,* vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.

[21] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[22] P. Liu, H. Xu, and Y. Geng, "Normal wiggly hesitant fuzzy linguistic power Hamy mean aggregation operators and their application to multi-attribute decision-making," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 140, pp. 106224, 2020.

[23] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[24] T. R. Sampson, C. Challis, N. Jain, A. Moiseyenko, M. S. Ladinsky, G. G. Shastri, T. Thron, B. D. Needham, I. Horvath, and J. W. Debelius, "A gut bacterial amyloid promotes α-synuclein aggregation and motor impairment in mice," *Elife,* vol. 9, pp. e53111, 2020.

[25] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[26] X. Sha, Z. Xu, and C. Yin, "Elliptical distribution‐based weight‐determining method for ordered weighted averaging operators," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 34, no. 5, pp. 858-877, 2019.

[27] H. Garg, N. Agarwal, and A. Tripathi, "Choquet integral-based information aggregation operators under the interval-valued intuitionistic fuzzy set and its applications to decision-making process," *International Journal for Uncertainty Quantification,* vol. 7, no. 3, 2017.

Recibido: noviembre 25, 2024. Aceptado: diciembre 22, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar.

Neutrosophic Multicriteria Method to evaluate the medical procedure in the use of lung ultrasound.

Evelyn Carolina Betancourt Rubio[1], Carlos Alejandro Troya Altamirano[2], and Héctor Orlando Zapata Zambrano[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.evelynbr@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. docentetp51@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. hectorozz83@uniandes.edu.ec

Resumen. La ecografía pulmonar está ganando importancia en los servicios de emergencia y cuidados intensivos para el diagnóstico y seguimiento de patologías respiratorias y cardiacas, como la insuficiencia cardiaca congestiva y la neumonía, siendo especialmente útil durante la pandemia de COVID-19. En este contexto, se definió como objetivo de la presente investigación implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de la ecografía pulmonar. Existen diversos protocolos, como RUSH, FATE, E-FAST y el protocolo BLUE, que integran la ecografía pulmonar en el manejo de pacientes críticos con insuficiencia respiratoria. Sin embargo, a pesar de su utilidad en la práctica médica diaria, casi la mitad de los médicos encuestados no han participado en capacitaciones relacionadas con esta técnica. La mayoría de los participantes también opina que el uso de la ecografía pulmonar no debería limitarse a los profesionales especializados, lo que sugiere un potencial aumento en su aplicación generalizada. Los médicos mantienen una visión favorable de esta herramienta, valorándola como un recurso valioso que complementa el diagnóstico y tratamiento de enfermedades pulmonares. Asimismo, reconocen la importancia de recibir capacitación adecuada y comprender las limitaciones de la ecografía para utilizarla de manera óptima en el ámbito clínico. Esta investigación busca abordar estas necesidades y optimizar el uso de la ecografía pulmonar en la atención médica.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, ecografía pulmonar, herramientas diagnósticas, tecnología diagnóstica.

Abstract. Lung ultrasound is gaining importance in emergency and intensive care services for the diagnosis and monitoring of respiratory and cardiac pathologies, such as congestive heart failure and pneumonia, being especially useful during the COVID-19 pandemic. In this context, the objective of this research was defined to implement a Neutrosophic Multicriteria Method to evaluate the medical procedure in the use of lung ultrasound. There are various protocols, such as RUSH, FATE, E-FAST and the BLUE protocol, which integrate lung ultrasound in the management of critically ill patients with respiratory failure. However, despite its usefulness in daily medical practice, almost half of the physicians surveyed have not participated in training related to this technique. Most participants also believe that the use of lung ultrasound should not be limited to specialized professionals, suggesting a potential increase in its widespread application. Physicians maintain a favorable view of this tool, valuing it as a valuable resource that complements the diagnosis and treatment of lung diseases. They also recognize the importance of receiving adequate training and understanding the limitations of ultrasound in order to use it optimally in the clinical setting. This research seeks to address these needs and optimize the use of lung ultrasound in medical care.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, lung ultrasound, diagnostic tools, diagnostic technology

1 Introducción

La ecografía pulmonar tomando importancia y está abarcando un gran campo en los servicios de emergencia y cuidados intensivos para diagnóstico y seguimiento de patologías respiratorias y cardiacas que esté implicado la función pulmonar como por ejemplo en insuficiencia cardiaca congestiva con la finalidad de verificar derrame pleural [1]. Además de ser un instrumento no invasivo ayuda a realización de técnicas intervencionistas con coste

bajo y con imágenes en tiempo real que son de gran utilidad en estos servicios [2].

El uso de la ecografía pulmonar tuvo su auge en la pandemia de COVID 19 siendo este un método útil, rápido y no costoso para seguimiento y diagnóstico de neumonía por COVID 19 en el ámbito ambulatorio [3], así también de gran ayuda para la monitorización del paciente critico por esta misma patología. Sin embargo, el uso de ecografía pulmonar está relacionado a otras ramas que ayudaría a prevención y diagnóstico de complicaciones pulmonar, como por ejemplo en el área de Nefrología congestión pulmonar pre y post diálisis [4]. En Reumatología ha tenido gran acogida debido a que mediante la ecografía se pude hacer diagnóstico y seguimiento de enfermedades de tejido conectivo como lesiones intersticiales difusas en enfermedades autoinmunes [5].

Existen varios protocolos en los que se incluye la ecografía pulmonar para el manejo de paciente críticos en emergencia se podría utilizar protocolo RUSH (*Rapid Ultrasound Shoch Hypotension*) en los que se valora no solo ventana pulmonar sino también abdomen, venas y arterias de gran calibre (Aorta, Cava) y corazón, así como también FATE (*Foccused Assesed Transthoracic Examination*), E-FAST (*Extended Foccused Assesment Sonography Trauma*) [6]. Para la valoración de ventana pulmonar se ha diseñado el protocolo BLUE (*Bedside Lung Ultrasound in Emergency*) utilizado en pacientes críticos con patologías en los que exista insuficiencia respiratoria, su utilidad se describió en el año 2008 por Lichtenstein en los que se evalúa el deslizamiento pleural y la consolidación estableciendo patologías diversas como derrames, consolidación y edema [7]. Algunas aplicaciones y usos de la ecografía pulmonar incluyen:

- Evaluación de derrames pleurales: La ecografía pulmonar puede ayudar a identificar la presencia y el tamaño de derrames pleurales, que son acumulaciones anormales de líquido en el espacio entre las capas de la membrana que recubre los pulmones y la cavidad torácica (pleura).
- Diagnóstico de neumonía: Puede utilizarse para evaluar áreas pulmonares específicas en busca de signos de inflamación o consolidación, lo que ayuda en el diagnóstico de la neumonía.
- Guía para procedimientos: La ecografía pulmonar se utiliza a veces para guiar procedimientos invasivos, como la inserción de una aguja para obtener una muestra de tejido pulmonar (biopsia) o para drenar un derrame pleural.
- Evaluación de masas pulmonares: Ayuda en la identificación y evaluación de masas o lesiones pulmonares, lo que puede ser útil en la detección temprana de cáncer de pulmón.
- Seguimiento de enfermedades respiratorias crónicas: En casos de enfermedades pulmonares crónicas, como el asma o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la ecografía puede utilizarse para evaluar cambios en la estructura pulmonar y la función respiratoria.
- Evaluación de la movilidad diafragmática: La ecografía puede utilizarse para evaluar la movilidad del diafragma, lo que puede ser útil en el manejo de pacientes con dificultad respiratoria.

Es importante destacar que la ecografía pulmonar es una herramienta complementaria y no sustituye a otras modalidades de imagen, como la radiografía de tórax o la tomografía computarizada (TC). La elección de la técnica dependerá de la situación clínica específica y de los objetivos del médico tratante. La ecografía pulmonar ha ganado importancia en la práctica clínica debido a su capacidad para proporcionar información en tiempo real y no invasiva sobre la estructura y función de los pulmones. Algunas de las razones clave que destacan la importancia del uso de ecografía pulmonar incluyen:

- Diagnóstico Rápido y Temprano: La ecografía pulmonar puede ayudar en la identificación temprana de diversas afecciones pulmonares, como neumonía, derrames pleurales, consolidaciones y masas pulmonares. Esto permite un diagnóstico más rápido y un inicio de tratamiento o intervención más temprano.
- Guiado de Procedimientos: La ecografía pulmonar es útil para guiar procedimientos invasivos, como biopsias pulmonares o drenajes de derrames pleurales. Proporciona una visualización en tiempo real que facilita la precisión y seguridad de estos procedimientos.
- Monitorización de Enfermedades Crónicas: En pacientes con enfermedades pulmonares crónicas, como la EPOC, la ecografía pulmonar puede utilizarse para monitorizar la progresión de la enfermedad, evaluar la movilidad del diafragma y adaptar el tratamiento según sea necesario.
- Evaluación de la Función Respiratoria: La ecografía pulmonar puede proporcionar información sobre la función respiratoria, incluida la movilidad del diafragma y la variabilidad en la expansión pulmonar. Esto puede ser valioso en situaciones como la ventilación mecánica.
- Reducción de la Exposición a Radiación: A diferencia de otras modalidades de imagen, como la radiografía y la tomografía computarizada, la ecografía no utiliza radiación ionizante. Esto es especialmente importante en el caso de pacientes pediátricos, mujeres embarazadas y en situaciones donde se busca reducir la exposición a la radiación.
- Accesibilidad y Portabilidad: Los equipos de ecografía son relativamente portátiles y accesibles en comparación con otras modalidades de imagen más grandes y costosas. Esto facilita su uso en entornos clínicos diversos, incluidos entornos de atención primaria, unidades de cuidados intensivos y áreas remotas.
- Papel en la Evaluación de Urgencias: La ecografía pulmonar es valiosa en situaciones de emergencia para evaluar rápidamente la presencia de derrames pleurales, neumotórax y otras condiciones que pueden requerir intervención inmediata.

Los elementos descritos previamente hacen de la ecografía una herramienta útil para el médico en el lecho del paciente (bed-cama), y por lo tanto permiten una mejor orientación en la toma de decisiones. La literatura acerca de las ventajas de la ecografía pulmonar es reciente y su difusión es escasa. Por este motivo, el presente trabajo busca determinar el conocimiento del uso de ecografía pulmonar en médicos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, con la finalidad de promover el uso de ecografía pulmonar y valorar accesibilidad al uso de ecógrafo en emergencia y sala de UCI. En este contexto, se definió como objetivo general implemntar un Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método. Las cualidades que distinguen al modelo son:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de los profesionales que interactúan con el método.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar.
- El empleo de métodos multicriterios en la evaluación.

El Método Multicriterio Neutrosófico, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Posee tres etapas fundamentales: (1) entrada; (2) procesamiento; y (3) salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

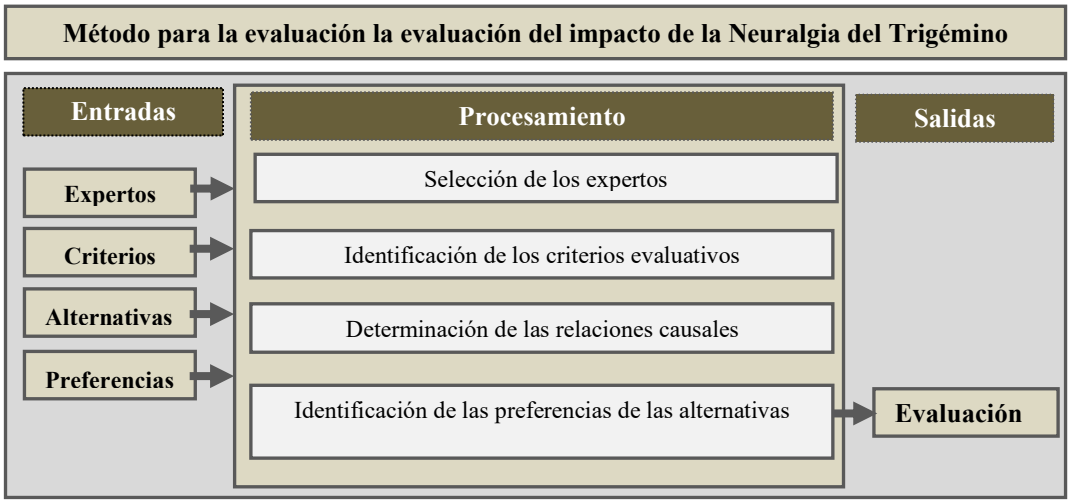

Figura 1. Esquema general del funcionamiento del Método Multicriterio Neutrosófico.

2.1 Descripción de las etapas del modelo

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método.

La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se describen estas actividades:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [8]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca

la investigación. Se realizan las siguientes actividades:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El procedo debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia, participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Donde:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos. Los criterios nutren el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento. A partir del trabajo en grupo de los expertos se realizan las siguientes actividades:

1. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión para la selección de los criterios evaluativos que sustenten la investigación. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de criterios de los expertos.
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.
3. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.
4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

La actividad obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los creiterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial *S* en el intervalo [0, 1], Tal que:

$A: S \rightarrow [0,1]$,

y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [9-11]. En los modelos de decisión se utiliza en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas [12, 13]. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Where:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos en los procedimientos médicos sobre el uso de la ecografía pulmonar. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

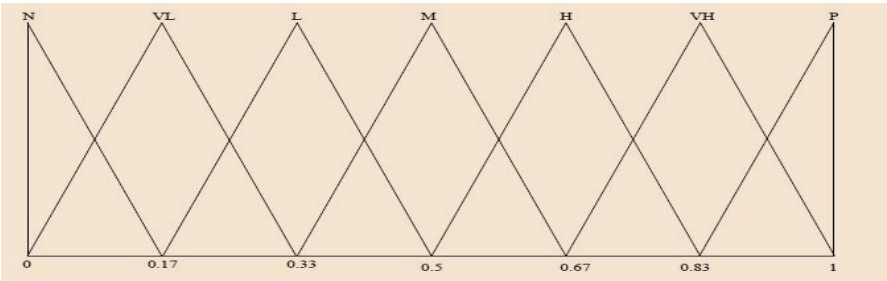

Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:
N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; y P: Preferido

Para la evaluación de los procedimientos médicos sobre el uso de la ecografía pulmonar, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [14], [15], [16]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa. A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.

Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos W definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [17, 18]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [19, 20].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [21], [22], [23].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:

P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar

w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso implementado en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. El objeto de análisis un caso de estudio para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El panel de expertos que participa en la implementación del Método Multicriterio Neutrosófico para evaluar el procedimiento médico en el uso de la ecografía pulmonar se compone de nueve profesionales de diversas áreas relacionadas con la salud. Entre ellos se encuentran cinco médicos especialistas en neumología y cuidados intensivos, quienes aportan una comprensión profunda de las patologías respiratorias y el manejo crítico de los pacientes. También forman parte del panel dos radiólogos con experiencia en diagnóstico por imagen, específicamente en la aplicación de la ecografía pulmonar y su interpretación. Además, un metodólogo en investigación médica y un experto en bioética completan el grupo, asegurando que el análisis no solo sea clínicamente riguroso, sino también éticamente sólido. Este diverso conjunto de conocimientos y experiencias permite una evaluación integral de los procedimientos llevados a cabo en la aplicación de la ecografía pulmonar en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de los 9 expertos.

Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 9 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 2 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2**Tabla**:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,90	0,90	1	0,80	0,60	0,80	0,60	1

Se aplicaron 4 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos y *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores Ecuatorianos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 2 expertos y *Baja* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 3. Contacto directo con pacientes de neumología y cuidados intensivos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 3 expertos y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento de la ejecución de la ecografía pulmonar: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 4 expertos y *Baja* para 1 experto.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

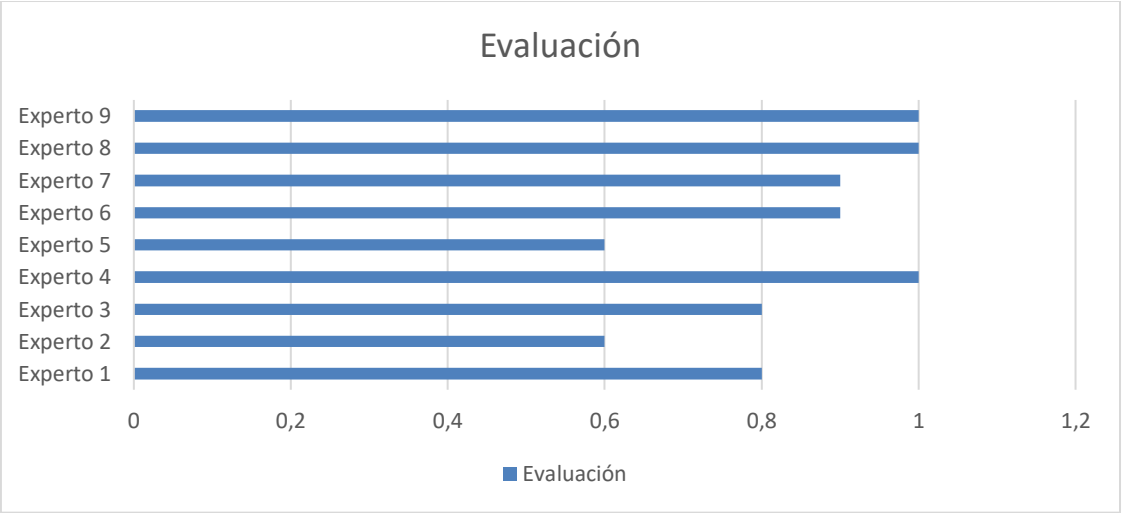

Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios evaluativos para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios evaluativos
C_1	Cumplimiento de los protocolos establecidos: Evaluar si los médicos siguen adecuadamente los lineamientos y protocolos propuestos para la realización de la ecografía pulmonar, garantizando un procedimiento estandarizado y seguro.
C_2	Acceso al equipo de ecografía: Analizar la facilidad con la que los médicos pueden acceder a los ecógrafos y a los recursos necesarios para llevar a cabo el procedimiento, lo cual es crucial para su implementación efectiva en la práctica clínica.
C_3	Formación continua y capacitación: Valorar la participación de los médicos en programas de formación y actualización sobre ecografía pulmonar, asegurando que posean conocimientos sólidos sobre la técnica y su aplicación.
C_4	Competencias técnicas: Evaluar las habilidades prácticas y la destreza de los médicos en la ejecución de la ecografía pulmonar, considerando su capacidad para realizar exploraciones adecuadas y obtener imágenes diagnósticas de calidad.

ID	Criterios evaluativos
C_5	Interpretación de resultados: Medir la capacidad de los médicos para interpretar correctamente las imágenes obtenidas durante el procedimiento, asegurando que puedan identificar adecuadamente las patologías y tomar decisiones clínicas fundamentadas.
C_6	Retroalimentación y mejora del desempeño: Valorar la existencia de mecanismos para la retroalimentación y evaluación del desempeño de los médicos en la realización de ecografías, lo que permita identificar áreas de mejora para optimizar su práctica clínica.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexpero, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. Se llegó al consenso en la tercera iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.70,0.25,0.30]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

Número	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[1,0,0]	[0.70,0.25,0.30]	[0.8, 0.1, 0.1]
C_2	[0.70,0.25,0.30]	[0.70,0.25,0.30]	[0.70, 0.25, 0.30]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70,0.25,0.30]	[0.8, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70, 0.25, 0.30]
C_5	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70,0.25,0.30]	[0.77,0.25,0.30]
Índice			[0.8, 0.1, 0.1]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

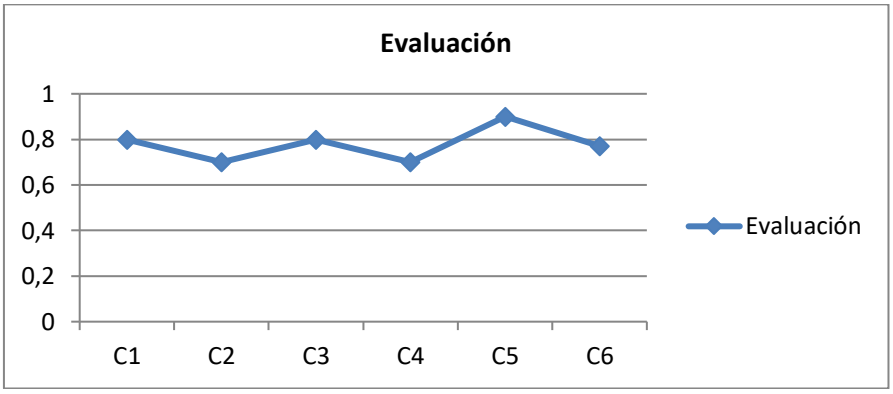

Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

A partir de los datos presentados en la tabla 5, se identifica un índice de la propuesta de método multicriterio neutrosófico para la evaluación del procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar, con un II 0,80. Los resultados obtenidos son interpretados como Medianamente bueno, en el procedimiento médico en el uso de ecografía pulmonar del caso de estudio propuesto.

Adicionalmente, se aplicó una encuesta a los participantes en el estudio. Ya que no se dispone de instrumentos estandarizados para la investigación de la actitud hacia la ecografía como herramienta diagnóstica se desarrolló un cuestionario por el equipo de investigación. La tabla 6 resume los resultados obtenidos:

Tabla 6. Resultados de la encuesta.

Pregunta	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)
¿La ecografía pulmonar en su servicio es útil?	50.0%	38.9%	-	<6%
¿La accesibilidad al ecógrafo es oportuna?	63.2%	36.8%	-	<0%
¿El ecógrafo en su servicio está en buenas condiciones?	57.9%	36.8%	-	<5.3%
¿La ecografía pulmonar ofrece diagnóstico precoz y económico?	52.6%	21.1%	21.1%	<5.3%
¿Conoce qué patologías pulmonares se pueden valorar con ecografía?	31.6%	47.4%	10.5%	<10.5%
¿Está interesado en adquirir conocimientos sobre ecografía pulmonar?	31.6%	47.4%	15.8%	<5.3%
¿Ha participado en capacitación sobre ecografía pulmonar?	21.1%	21.1%	10.5%	<31.6%
¿Obtener conocimientos en ecografía pulmonar mejoraría su atención en emergencia/UCI?	47.4%	47.4%	-	<5.3%
¿El uso de ecografía pulmonar debe ser restringido a especialistas?	5.3%	21.1%	21.1%	31.6%
¿Una capacitación con expertos ayudaría a aprender ecografía pulmonar?	52.6%	42.1%	5.3%	-

Los resultados de la encuesta reflejan una percepción favorable hacia la ecografía pulmonar entre los médicos encuestados. Se reconoce ampliamente su utilidad en la práctica clínica, lo que sugiere que esta herramienta es valorada como un apoyo importante en la evaluación de los pacientes. Además, la mayoría de los participantes considera que la accesibilidad a los equipos de ecografía en sus lugares de trabajo es adecuada, lo que indica que estos dispositivos están disponibles y en buen estado para su uso.

Existe una apreciación generalizada sobre los beneficios de la ecografía pulmonar, tanto en términos de diagnóstico precoz como en su costo reducido en comparación con otros métodos. Esto sugiere que los médicos ven en esta técnica una alternativa eficiente para mejorar la atención a los pacientes.

En cuanto al conocimiento sobre las patologías que pueden ser evaluadas con esta tecnología, la mayoría de los encuestados afirma estar informada al respecto. Sin embargo, se evidencia la necesidad de reforzar la capacitación, ya que un número significativo de médicos muestra interés en recibir formación adicional en el uso de la ecografía pulmonar. A pesar de esta disposición, solo una parte de los encuestados ha participado en capacitaciones previas, lo que resalta una oportunidad para mejorar el acceso a programas educativos en esta área.

Los médicos consideran que adquirir conocimientos y habilidades en ecografía pulmonar contribuiría a optimizar la atención en servicios de emergencia y cuidados intensivos. No obstante, persiste cierta discusión sobre si el uso de esta herramienta debe estar restringido a especialistas, aunque una parte importante de los encuestados no comparte esta idea y considera que debería estar disponible para un espectro más amplio de profesionales.

Hay un consenso claro en que las capacitaciones dirigidas por expertos serían una estrategia efectiva para mejorar el aprendizaje y la aplicación de la ecografía pulmonar en la práctica médica. Esto refleja un interés genuino en fortalecer las competencias en esta técnica, con el objetivo de mejorar la calidad del diagnóstico y la atención a los pacientes.

A partir de estos resultados, se han recopilado recomendaciones y estrategias para la implementación de uso de ecografía desde el pregrado y educación continua en los médicos generalistas y especialistas requiere una planificación cuidadosa y la adopción de estrategias efectivas, entre las que se pueden mencionar:

1. Formación y capacitación continua del personal: formación teórica y práctica, supervisadas por expertos en ecografía pulmonar.
2. Protocolos y guías clínicas: desarrollar protocolos y guías clínicas específicas para el uso de la ecografía pulmonar en los que se incluya indicaciones para la realización de ecografías pulmonares, técnicas de exploración, interpretación de imágenes y recomendaciones para la toma de decisiones clínicas basadas en los hallazgos ecográficos.
3. Adquisición de equipos adecuados: equipos de ecografía portátiles que sean adecuados para su uso en el entorno clínico específico.
4. Seguimiento y evaluación continua: Establecer un sistema de seguimiento y evaluación continua para monitorizar el uso de la ecografía pulmonar, identificar áreas de mejora y garantizar la calidad y seguridad de la atención proporcionada.
5. Especialización: gestionar cursos de ecografía para el personal médico que quiera profundizar y mejorar sus habilidades en un campo específico.
6. Promoción del uso, investigación y desarrollo: es importante fomentar el uso del ecógrafo en la práctica clínica y el aprendizaje con el personal médico para aumentar la confianza de su uso y aceptación como una herramienta de diagnóstico, la inversión en tiempo e investigación puede aumentar el desarrollo tanta en nuevos conocimientos como en precisión diagnostica en la creación de nuevos protocolos y la mejora continua del uso de la ecografía.

4 Conclusión

La actitud positiva a favor del uso del ecógrafo por parte del personal médico sugiere una actitud receptiva (favorable) sobre la implementación y una mayor integración de la tecnología a favor de mejorar los diagnósticos. Se necesita superar las barreras para aprovechar los beneficios de la ecografía pulmonar, y así fomentar su uso en la práctica diaria. Para los participantes la capacitación debe ser establecida por expertos, pero su influencia es para el ámbito público y privado de la salud. El interés en la formación denota que se puede implementar cursos de especialización de imagen por ecografía pulmonar para los médicos que quieran mejorar y profundizar sus conocimientos.

Referencias

[1] J. L. Sánchez, and G. V. Sánchez, "Técnicas moleculares aplicadas al diagnóstico clínico," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 3, pp. 143-153, 2024.

[2] A. L. W. Pérez, "Aplicaciones clínicas de la ecografía pulmonar," *Medicina Clínica,* vol. 154, no. 7, pp. 260-268, 2020.

[3] C. R. Hernández, M. B. Rial, L. A. P. Area, M. N. Fernández, S. P. Fernández, M. R. González, M. C. Casal, and A. F. Villar, "Predicción de evolución desfavorable en pacientes hospitalizados por COVID-19 mediante ecografía pulmonar," *Archivos de Bronconeumología,* vol. 57, pp. 47-54, 2021.

[4] G. Romero-González, E. R. Argaiz, A. Koratala, D. A. González, M. Vives, J. Juega, J. Soler-Majoral, F. Graterol, I. Perezpayá, and N. Rodríguez-Chitiva, "Hacia la estandarización de la formación de PoCUS en nefrología: el momento es ahora," *nefrologia,* vol. 44, no. 1, pp. 5-9, 2024.

[5] F. Romero-Bueno, M. J. Rodríguez-Nieto, and E. Naredo, "Educación y uso de la ecografía pulmonar en reumatología y neumología en España: encuesta SER-SEPAR," *Reumatología Clínica,* vol. 18, no. 2, pp. 94-99, 2022.

[6] E. Hirschhaut Schor, "Efectividad del uso de un manual de ecografia pulmonar."

[7] J. D. P. Coronado, and G. A. F. Gruntorad, "Utilidad de la ecografía en reanimación," 2015.

[8] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[9] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[10] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[11] J. Giráldez‐Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent‐based consumers decision‐making with 2‐tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[15] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[16] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[17] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[18] P. Liu, H. Xu, and Y. Geng, "Normal wiggly hesitant fuzzy linguistic power Hamy mean aggregation operators and their application to multi-attribute decision-making," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 140, pp. 106224, 2020.

[19] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[20] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[21] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[22] X. Sha, Z. Xu, and C. Yin, "Elliptical distribution‐based weight‐determining method for ordered weighted averaging operators," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 34, no. 5, pp. 858-877, 2019.

[23] H. Garg, N. Agarwal, and A. Tripathi, "Choquet integral-based information aggregation operators under the interval-valued intuitionistic fuzzy set and its applications to decision-making process," *International Journal for Uncertainty Quantification,* vol. 7, no. 3, 2017.

Recibido: noviembre 26, 2024. Aceptado: diciembre 23, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado.

System of recommendations on the performance of family and community medicine specialists in Caumatology in postgraduate courses.

José Roberto Lema Balla[1], Juan Carlos Lema Balla[2], and Lesly Tamara Heredia Tapia[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.joselb18@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.juanlb26@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.leslytht64@uniandes.edu.ec

Resumen. La superación profesional permanente de los especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en Ecuador constituye una necesidad, por cuanto el especialista en medicina familiar y comunitaria que ocupa una plaza como especialistas de Atención Primaria de Salud en un centro de salud, debe formar las competencias necesarias para un desempeño en la atención integral de calidad a pacientes quemados. Es así que el objetivo de este trabajo fue desarrollar un Sistema de recomendaciones sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado, para el mejoramiento del desempeño profesional en la atención integral a pacientes quemados. En este contexto fue necesaria la valoración de los cursos de postgrado en caumatología de las Universidades de Ciencias Médicas Ecuatorianas. Se evalúo la aplicabilidad y asequibilidad y tiempo necesario de aprendizaje de los cursos. Se analizaron los cursos desarrollados en la Universidades de Ciencias Médicas Ecuatorianas dirigidos al mejoramiento del desempeño profesional.

Palabras Claves: números neutrosóficos, desempeño especialista en medicina familiar y comunitario, postgrado, Caumatología.

Abstract. The permanent professional development of specialists in family and community medicine in Caumatology in Ecuador is a necessity, since the specialists in family and community medicine who occupy a position as specialists in Primary Health Care in a health center must develop the necessary skills to perform comprehensive quality care for burn patients. Thus, the objective of this work was to develop a System of recommendations on the performance of specialists in family and community medicine in Caumatology in postgraduate courses, for the improvement of professional performance in comprehensive care for burn patients. In this context, it was necessary to assess the postgraduate courses in Caumatology of the Ecuadorian Universities of Medical Sciences. The applicability and affordability and necessary learning time of the courses were evaluated. The courses developed in the Ecuadorian Universities of Medical Sciences aimed at improving professional performance were analyzed.

Keywords: neutrosophic numbers, specialist performance in family and community medicine, postgraduate, Caumatology.

1 Introducción

Las necesidades en materia de salud de la población constituye un tema central para las grandes organizaciones internacionales con inherencia en la materia, tal como es el caso de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), las cuales han realizado proyecciones hacia un sistema de acciones encaminado a la sostenibilidad y el mejoramiento del desempeño de los profesionales vinculados a la salud en el trabajo [1].

Estas proyecciones incluyen una preocupación en materia del proceso de mejoramiento profesional, formación para la atención, entre otros aspectos, es por ello que se comprende que, el desempeño como indicativo de la "capacidad de un individuo para efectuar acciones, deberes y obligaciones propias de su cargo o funciones profesionales que exige un puesto de trabajo. Además d que expresa en el comportamiento o la conducta real del trabajador en relación con las otras tareas a cumplir, durante el ejercicio de su profesión" [2].

Ahora bien, se define a la Medicina Familiar como disciplina académica y como especialidad médica, porque

cuenta con un ámbito preferencial de actuación, que es la Atención Primaria, con un cuerpo de conocimientos propio (medicina de alta prevalencia e incidencia, medicina preventiva clínica y Medicina Familiar y Comunitaria), con un paradigma de actuación y una orientación específicos: el enfoque biopsicosocial, la longitudinalidad y la globalidad, con una tradición histórica antigua y unos investigadores internacionales [3].

Los nuevos programas de formación están basados en dos importantes principios educacionales. Primero, como en otras disciplinas clínicas, el que se entrena debe aprender las destrezas fundamentales, ELCORE, mediante la práctica supervisada en su propia disciplina: la unidad docente de Medicina Familiar. Segundo, los supervisores y los profesores y docentes deben ser médicos de familia. Otros especialistas clínicos y otros ámbitos educativos desempeñan un rol, pero no el central, en el currículo. En muchos lugares del mundo, los departamentos de Medicina Familiar ocupan una parte importante en el currículo de grado en las universidades [4].

Al caracterizar la superación de los especialistas en medicina familiar y comunitaria en la región latinoamericana antes del año 2000 es reconocido que, a pesar de los avances logrados, no se alcanza una mejora en la calidad de la formación, lo que actúa como un elemento limitante en los logros de la capacitación, superación o mejoramiento profesional [5].

Entre las amenazas, tanto para la Atención Primaria y, por ende, para la especialidad, se añaden otras amenazas en un momento de dramático déficit de Médicos Familiares (MF), y es querer parcelar la especialidad por una supuesta desviación de nuestros MF jóvenes a otros entornos, en vez de analizar lo que realmente está pasando en la Atención Primaria y atención continuada. Y se apuesta por el hospitalocentrismo una vez más, en vez de apostar por reordenar y reforzar ambas y por una superespecialización desde la Medicina Familiar y Comunitaria (MFyC), a través de las Áreas de Capacitación Específica, en aquellas actividades asistenciales que se precisen, haciendo que el sistema sea más eficiente, más flexible, más útil y fácil de implementar.

En muchos países, son simplemente médicos que no tienen ninguna otra especialidad y que además han recibido poca o ninguna educación de posgrado en atención primaria. Lo típico en esos países es que los estudiantes de medicina tengan muy poco contacto con pacientes ambulatorios y reciban escasa instrucción en atención primaria y medicina preventiva. Como resultado, esos estudiantes no adquieren las capacidades necesarias para desempeñarse como médicos competentes de atención primaria

Además, se ha comprobado que la calidad de la atención facilitada por los médicos de familia es comparable con la de especialistas en varios ramos, incluidos los de obstetricia de bajo riesgo y atención perinatal, insuficiencia cardíaca congestiva y cuidados intensivos. El carácter continuo e integral de la atención de salud ofrecida por médicos de familia bien capacitados está íntimamente relacionado con una mejora de la calidad [6].

A pesar de lo anterior, se ha considerado que al ser un médico especialista con un enfoque integral, se genera la necesidad de que éstos puedan prestar atención especializada ante situaciones críticas tal como lo son los pacientes quemados. Esta necesidad es aún más relevante en temas sensibles y de alta especialización como pueden ser la Caumatología, que son una de las situaciones más devastadoras a las que puede enfrentarse el especialista en Medicina Familiar y Comunitaria, por la importante agresión local y sistémica que suponen, sino también por las graves secuelas físicas y funcionales . Estas afectaciones en la práctica clínica afecta a individuos de cualquier edad, ocurren tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo y es de vital importancia por el impacto en la salud física y psicológica [7].

La práctica actual muestra que no todos los especialistas en Medicina Familiar y Comunitaria poseen los conocimientos, técnicas, habilidades y autonomía suficientes para poder realizar el tratamiento integral de las quemaduras. Actualmente constituyen la segunda causa de muerte por accidente en el mundo, superada en proporción sólo por los accidentes de tránsito.

En este sentido, el Médico Familiar y Comunitario en su labor asistencial, debe incluir entre sus funciones habituales, como así queda expresado en el programa oficial de la especialidad, la atención en situaciones de urgencia y emergencia [8]. El propio programa abarca la asistencia en todas las esferas posibles de dicha atención inicial de urgencia y emergencia: médicas, quirúrgicas, atención al trauma, edad pediátrica, atención a la mujer, atención al paciente quemado etc., ampliando el abanico de asistencia que en algunos centros hospitalarios se encuentra parcelado y sectorizado, incluso en distintos edificios.

La atención domiciliaria requiere de formación adecuada y de un enfoque integral del paciente y su familia. Durante el proceso de la pandemia se cambió las formas de asistencia sanitaria «tradicional» y algunos estudios muestran que los modelos que ofrecen una atención integral, como puede ser la ADP, mejoran la seguridad en la atención, la satisfacción de los pacientes y sus familias, los resultados de salud y los costes, además de proporcionar una asistencia continuada más humanizada [9].

En la República del Ecuador, se hace referencia a que la educación de postgrado a la vez que atiende demandas de capacitación que el presente reclama, se anticipa a los requerimientos de la sociedad, creando las capacidades para enfrentar nuevos desafíos sociales, productivos y culturales. Ecuador, en franca consonancia con la preocupación internacional por la formación de los especialistas en medicina familiar y comunitaria, así como en opiniones recogidas en la literatura internacional y nacional, referidas a la preparación de especialistas en medicina familiar y comunitaria, se declara la necesidad de su preparación en contenido de la Caumatología.

La formación y superación permanente de los especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en el contexto ecuatoriano es un proceso simultáneo a su desempeño profesional, en su formación de pregrado recibieron poca o ninguna preparación en contenido de la Caumatología. Por su parte, en el postgrado, como parte de esa superación profesional para los especialistas en medicina familiar y comunitaria, se prioriza el contenido de la Caumatología, en la que el trabajo con objetivos, medios y evaluación es el foco de atención de ese proceso de formación; donde se subvalora la influencia ejercida sobre el grupo y las diferencias individuales, aspecto que queda en el empirismo y asistematicidad; de manera que se obtengan resultados que impacten en la calidad del desempeño profesional.

En este escenario, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado.

2 Materiales y métodos

Los Sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [10]. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario [11]. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetico servir como herramienta de apoyo sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado. Consta de cuatro procesos principales: creación de la base de perfiles del especialista, obtención de los perfiles del especialista, filtrado y generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

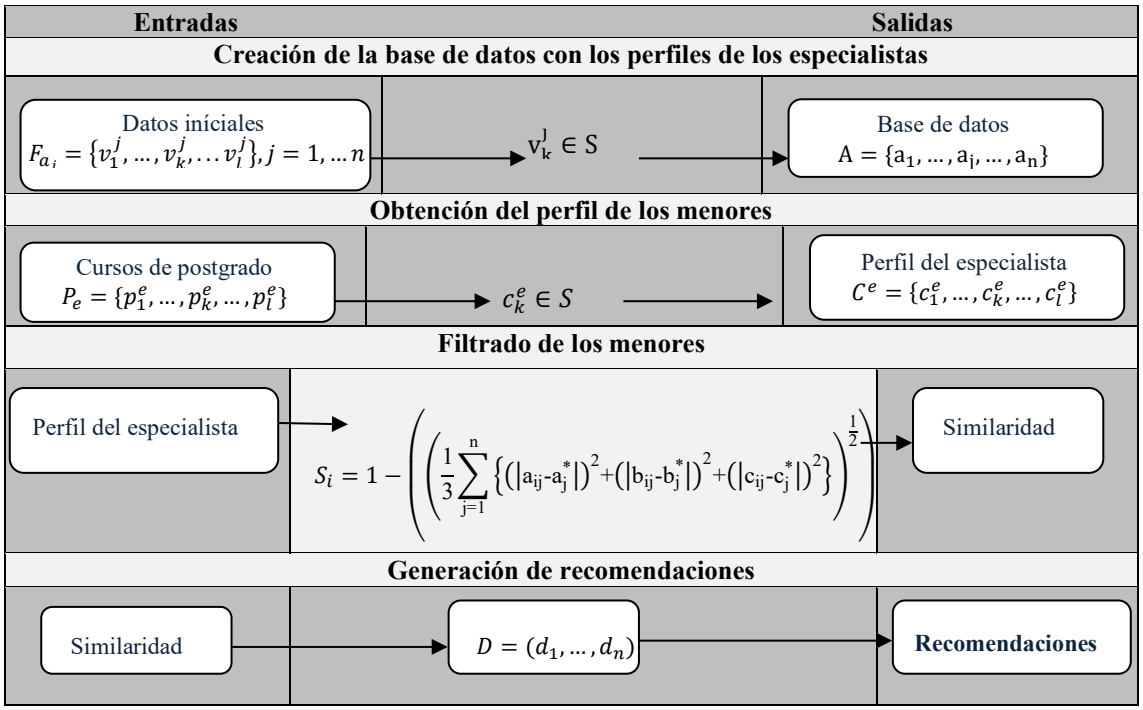

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones basado en conocimiento.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [12, 13]. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Cordón [14, 15]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de los especialistas en medicina familiar y comunitaria:

Cada una de los especialistas a_i es descrito mediante un grupo de competencias, destrezas, conocimientos y carencias de capacitación, determinándose el perfil de los especialistas tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (1)$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la gestión del conocimiento de los profesionales de la salud:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{2}$$

Las valoraciones de las competencias de los especialistas, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la competencias c_k utilizando los números SVN [16-18]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos [19-21]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de programas de especialistas con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [22-24]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil de los especialistas en medicina familiar y comunitaria:

En esta actividad se determina la información de los especialistas sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que [25], [26]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de de competencias, destrezas, conocimientos, postgrados y carencias de capacitación, que caracterizan a los especialistas:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [27], [28], , [29].

Actividad 3. Filtrado de los cursos

En esta actividad se filtran los cursos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuados según las características presentes [30], [31]. Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los especialistas, P_e y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos y que ha sido confirmado como efectivo en la generación de competencias específicas en Caumatología. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(|a_{ij} - a_j^*| \right)^2 + \left(|b_{ij} - b_j^*| \right)^2 + \left(|c_{ij} - c_j^*| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{6}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de los especialistas actualmente con necesidades de capacitación y los almacenados como confirmados con competencias desarrolladas en Caumatología a_j.

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de los especialistas y los almacenados como confirmados con competencias desarrolladas en Caumatología en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué curso de postgrado, tiene mayor grado de probabilidad de ser efectivo en el programa de formación postgraduada del especialista analizado, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados como efectivos.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones sobre el

desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitando el trabajo para la recomendación de los cursos de postgrados necesarios para el desarrollo de competencias en Caumatología por parte de los de especialistas en medicina familiar y comunitaria.

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre cursos de postgrados para identificar su efectividad. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ Descrito por el conjunto de atributos $C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,}\}$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [32].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de los especialistas.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	M	B	M	MMB
a_2	MB	MB	M	MB
a_3	B	B	M	MMB
a_4	B	M	MDB	MB
a_5	M	MB	MDB	MB
a_6	MMB	B	M	MMB
a_7	M	M	MDB	MB
a_8	MMB	MMB	M	MB

Si un especialista u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema, deberá proveer información al mismo expresando el perfil actual del especialista que necesita la recomendación. En este caso:

$$P_e = \{\text{MMB}, \text{B}, \text{M}, \text{MMB}\}$$

El siguiente paso es el cálculo de la similitud entre el perfil del especialista actualmente con necesidades de capacitación y los almacenados como confirmados con competencias desarrolladas en Caumatología.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del especialista.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
0.25	0.30	0.50	0.15	0.20	0.95	0.10	0.55

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del especialista actualmente con necesidades de capacitación. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_{6,}a_8, a_3, a_2, a_1, a_5, a_{4,}a_7\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_6, a_8$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

a_6

Con la implementación de este sistema, se tendrá una herramienta para analizar la información almacenada en la base de datos de cursos de postgrados efectivos para desarrollar competencias en Caumatología y realizar comparaciones con el perfil del especialistas actualmente con necesidades de capacitación para identificar similitudes y patrones que han sido efectivos en otras ocasiones y que muy probablemente será efectivo para este caso. Para el caso de análisis, se recomiendan cursos como:

- Semiología de la lesión por quemaduras
- Fisiopatología del paciente quemado.
- Tratamiento local de las quemaduras.
- Atención de urgencia al paciente quemado.
- Quemaduras a en zonas especiales y por agentes específicos.

4 Discusiones

Si bien la Pedagogía es la ciencia que en el aprendizaje debe hacer fácil lo difícil, procura permanentemente la accesibilidad y asequibilidad de la experiencia histórico cultural acumulada, es entonces necesario modelar acciones de superación que siempre tengan presente que es un adulto que debe aprender a que los demás aprendan (andragogía) [8].

Esto condiciona que debe encontrar rápido una aplicación en su desempeño de la competencia que recibe. Es ese el requisito de aplicación a la docencia que debe primar en cada forma de superación que debe analizarse siempre. La retroalimentación es una exigencia de cada actividad y de cada forma de superación que sea establecida, de ahí que en el cierre debe explorarse las opiniones de los participantes.

El especialista en medicina familiar y comunitaria lleva implícita la función del tratamiento integral a paciente quemado que lo engrandece y para la cual tiene que prepararse de manera que logre encontrar en su desempeño profesional el mismo beneplácito que encuentra en la profesión en que es graduado. Es un profesional de cuarto nivel con el contenido necesario para que su profesión contribuya el desarrollo de la humanidad [5]. En cuanto a la asequibilidad, el reto es que la superación cumpla con los mismos principios pedagógicos que pueden llevarse de frente en todo proceso, en este caso aplicados los propuestos por Buzón en 1984.

En estos cursos desarrollan y reciben sugerencia u opinión de al menos entre esas cinco personas las que se tomaran su opinión. Algunos de estos cursos han sido impartidos en más de una oportunidad. El curso 1 ha sido desarrollado mayor número de veces y debe continuar su mejoramiento.

El reto creciente del empleo de las nuevas tecnologías se mantiene en el centro de las demandas de superación. Si bien se ha logrado un mejoramiento en su uso el hecho de su novedad exige el empleo de un tiempo que hace muchas veces rechazar su uso y preferir la vía tradicional.

Desarrollar acciones de superación en la educación médica resulta una tarea intensa, activa e interesante. Es imposible separar las ciencias pedagógicas de las ciencias de la educación médica, ni tampoco reducir una de ellas. Lograr la fusión, intervención o conjunción de personas en aras de lograr un profesional de la salud que sea educador seguirá como intención siempre.

El mejoramiento es contaste por cuando profesor y profesional de la salud constituyen un binomio históricamente establecido y de proyección ilimitada en el tiempo. La preparación de los especialistas en medicina familiar y comunitaria ha sido divulgada y enriquecida a cada paso con el rigor y la aplicabilidad que debe caracterizar. Con la aplicación de las normas de calidad a la salud emergió como necesidad existente la vinculación con el trabajo metodológico. Este curso responde fundamentalmente a la forma en que se aplica el contenido de la Caumatología con los avances de las ciencias pedagógicas generando conocimientos en ambos sentidos.

El desarrollo del trabajo metodológico para la mejora continua del proceso de aprendizaje del contenido de la Caumatología para la contribución al desarrollo de la superación profesional de los especialistas en medicina familiar y comunitaria y garantizar la atención de calidad en el tratamiento integral de pacientes quemados [9].

Desarrollar acciones de superación profesional resulta una tarea intensa, activa e interesante. Es imposible separar las ciencias pedagógicas del contenido de la Caumatología ni tampoco reducir una de ellas. Lograr la fusión, intervención o conjunción de personas en aras de lograr un especialista en medicina familiar y comunitaria que sea de alta calidad seguirá como intención siempre.

5 Conclusión

La implementación de un Sistema de recomendaciones sobre el desempeño de especialistas en medicina familiar y comunitaria en Caumatología en cursos de postgrado representa un avance significativo en la formación y mejora del desempeño profesional en la atención a pacientes quemados. Este sistema permite un análisis detallado de la información almacenada en la base de datos de cursos de postgrado, facilitando la identificación de programas efectivos para el desarrollo de competencias especializadas en Caumatología.

Gracias a esta herramienta, es posible realizar comparaciones entre el perfil de los especialistas que requieren

capacitación y los cursos previamente evaluados, lo que permite establecer patrones de formación exitosos. De esta manera, se pueden generar recomendaciones personalizadas, optimizando la selección de cursos y asegurando que los especialistas reciban una formación acorde a sus necesidades y a las exigencias del contexto ecuatoriano en el ámbito de la caumatología.

Los resultados de esta investigación evidencian la necesidad de fortalecer los programas de postgrado, especialmente en áreas que obtuvieron bajas puntuaciones en aplicabilidad y asequibilidad, como la atención de urgencia al paciente quemado y las quemaduras en zonas especiales y por agentes específicos. La identificación de estos aspectos críticos permitirá el diseño de estrategias de mejora continua en la formación médica, asegurando que los especialistas en medicina familiar y comunitaria cuenten con las competencias necesarias para brindar una atención integral y de calidad a los pacientes afectados por quemaduras.

Referencias

[1] C. Cabezas, "Necesidad de la investigación en salud para contribuir a la equidad, la salud y el desarrollo," SciELO Public Health, 2010, pp. 310-311.

[2] E. González, Y. García, and L. Jiménez, "Interdisciplinariedad en la formación académica del Médico General Integral para la prevención de enfermedades profesionales," *Evento Ciencia para Todos*, pp. 11-14, 2021.

[3] E. Ros Martrat, "Las competencias profesionales adquiridas en medicina familiar y comunitaria: Una mirada desde tutores y residentes," *Educación médica,* vol. 7, no. 4, pp. 29-35, 2004.

[4] T. Pantoja, "¿ Por qué un departamento académico de medicina familiar?," *Revista médica de Chile,* vol. 131, no. 3, pp. 338-342, 2003.

[5] M. Yarali, A. Parvizi, P. Ghorbani Vajargah, P. Tamimi, A. Mollaei, S. Karkhah, M. Firooz, S. J. Hosseini, P. Takasi, and R. Farzan, "A systematic review of health care workers' knowledge and related factors towards burn first aid," *International Wound Journal,* vol. 20, no. 8, pp. 3338-3348, 2023.

[6] M. Estrada, C. Estrada, R. Martínez, L. Urbano, M. Chudacik, and L. C. Fernández, "Percepción de la población general de nuestra especialidad:¿ están de acuerdo los pacientes con las decisiones diagnósticas y terapéuticas adoptadas por el médico de familia?," *Revista Clínica de Medicina de Familia,* vol. 9, no. 3, pp. 146-151, 2016.

[7] S. A. Suha, and T. F. Sanam, "A deep convolutional neural network-based approach for detecting burn severity from skin burn images," *Machine Learning with Applications,* vol. 9, pp. 100371, 2022.

[8] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, V. M. G. Macías, and O. M. Cornelio, "La enseñanza–aprendizaje de la neurociencia en la educación superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2023.

[9] K. C. Jordan, J. L. Di Gennaro, A. von Saint André-von Arnim, and B. T. Stewart, "Global trends in pediatric burn injuries and care capacity from the World Health Organization Global Burn Registry," *Frontiers in pediatrics,* vol. 10, pp. 954995, 2022.

[10] E. J. M. Carreño, K. V. M. Suárez, A. L. M. Albán, and J. E. F. Escobar, "Gamificación y el fortalecimiento de ambientes lúdicos interactivos de aprendizaje en la Educación Superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 1, pp. 693-704, 2023.

[11] O. M. Cornelio, L. A. Santos, B. B. Fonseca, and K. D. Hernández, "Sistema para la gestión de información como de apoyo al diagnóstico médico basado en mapa cognitivo difuso," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 145-158, 2023.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[15] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[16] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[17] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[18] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[19] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[20] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[21] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[22] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[23] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[24] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[25] V. Espín Martín, "Sistemas de recomendación semánticos para la compartición de conocimiento y la explotación de tesauros: Un enfoque práctico en el ámbito de los sistemas nutricionales," 2016.

[26] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[27] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.

[28] M. Leyva-Vázquez, M. A. Quiroz-Martínez, Y. Portilla-Castell, J. R. Hechavarría-Hernández, and E. González-Caballero, "A New Model for the Selection of Information Technology Project in a Neutrosophic Environment," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 32, no. 1, pp. 22, 2020.

[29] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, "Gestion empresarial y posmodernidad: Infinite Study," 2018.

[30] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.

[31] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.

[32] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

Recibido: noviembre 27, 2024. Aceptado: diciembre 24, 2024

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Post-grado en la Universidad.

Neutrosophic method to measure the socialization of knowledge in the Research - Graduate relation-ship at the University.

Fernando de Jesús Castro Sánchez[1], Jesús Estupiñán Ricardo[2], and Marcos Aníbal Lalama Flores[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.fernandocastro@uniandes.edu.ec
[2] Instituto Superior Tecnológico de Investigación Científica e Innovación ISTICI, Quito. Ecuador. jestupinan2728@gmail.com
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.marcoslalama@uniandes.edu.ec

Resumen. La universidad es, por excelencia, una institución dedicada al trabajo social a través del conocimiento; sus procesos de formación, producción, difusión, aplicación y generalización de conocimientos y tecnologías están orientados hacia el desarrollo social e institucional en diversas dimensiones: teóricas, metodológicas, educativas, societales, medioambientales y culturales. En este contexto, la sinergia entre investigación y postgrado se presenta como uno de los ámbitos más prometedores para la producción y socialización de conocimientos desde la universidad, contribuyendo así a su responsabilidad institucional y pertinencia social. En este sentido, el objetivo de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para medir la socialización del conocimiento en la relación investigación-postgrado en la universidad. Se prestará especial atención a la unidad teórico-práctica que clarifica los conceptos de socialización y socialización del conocimiento, así como a los distintos impactos de la investigación universitaria en este proceso. Asimismo, se examinará la evidencia de resultados de la relación entre investigación y postgrados en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, UNIANDES, en Ecuador. A través de este enfoque, se busca analizar de manera integral la relación entre la universidad y la socialización del conocimiento, destacando los múltiples impactos y avances generados en UNIANDES en esta dinámica.

Palabras Claves: método neutrosófico, universidad, socialización del conocimiento, sinergia investigación – postgrado.

Abstract. The university is, par excellence, an institution dedicated to social work through knowledge; its processes of training, production, dissemination, application and generalization of knowledge and technologies are oriented towards social and institutional development in various dimensions: theoretical, methodological, educational, societal, environmental and cultural. In this context, the synergy between research and postgraduate studies is presented as one of the most promising areas for the production and socialization of knowledge from the university, thus contributing to its institutional responsibility and social relevance. In this sense, the objective of this research is to develop a neutrosophic method to measure the socialization of knowledge in the research-postgraduate relationship at the university. Special attention will be paid to the theoretical-practical unit that clarifies the concepts of socialization and socialization of knowledge, as well as to the different impacts of university research in this process. Likewise, the evidence of results of the relationship between research and postgraduate studies at the Universidad Re-gional Autónoma de los Andes, UNIANDES, in Ecuador will be examined. Through this approach, the aim is to comprehensively analyze the relationship between the university and the socialization of knowledge, highlighting the multiple impacts and advances generated at UNIANDES in this dynamic.

Keywords: neutrosophic method, university, socialization of knowledge, research-postgraduate synergy.

1 Introducción

La socialización ha constituido un objeto de estudio principal de la teoría social durante los siglos XIX, XX y las primeras décadas del presente siglo XXI. Los clásicos en este campo del conocimiento (Marx, Weber,

Durkheim, Simmel, Parsons, Luchmann, entre otros) ofrecieron siempre una visión y contenido de este proceso, típicamente social, y que inevitablemente impregna cualquier análisis sociológico, psicológico, de contexto político y sociocultural y también de desarrollo institucional y comportamiento de los individuos. En unos casos los énfasis se orientaron a la conformación de lo grupal, colectivo o institucional desde la incidencia de factores y actividades sociales (socioeconómicas, políticas, educativas, culturales, entre otras), y, en otros casos, el centro de análisis y propuestas han tenido como centro la conformación del sistema de valores, actitudes y creencias de los individuos como expresión de continuidad y/o ruptura de las características específicas de lo social [1].

Igualmente, en Teoría Social y en Sociología, en dependencia de los momentos históricos de análisis, se ha considerado las repercusiones de distintos agentes de la socialización, como la familia, la escuela (con sus distintos niveles), los medios de comunicación y más recientemente todo el ámbito de acción de la virtualidad propiciado por el desarrollo de las tecnologías de informatización/digitalización/trabajo en redes [1].

Por tanto, de esta primera exploración conceptual, quedan dos importantes aspectos de valor heurístico para el estudio. Primero: los procesos de socialización, con carácter objetivo en el desarrollo social, se presentan como procesos de inter-incidencia de los planos individual, colectivo institucional y propiamente social en el devenir sociohistórico. Segundo, por diferentes condiciones y vías la universidad se convierte en agente de socialización, tales como su condición de institución educativa como por las fortalezas que adquieren a su interior y en su acción social la informatización/digitalización/trabajo en redes.

En cuanto al concepto socialización del conocimiento, este busca aprehender un proceso similar al anteriormente descrito, pero referido al conocimiento como producto humano en general y, para el caso específico del ámbito temático de este trabajo, como producto de la investigación científica; socialización del conocimiento se refiere al proceso de circulación del conocimiento entre investigadores individuales, en equipos de investigación y en sus entornos interno institucional y externo social [2]. Es una socialización que la investigación cumple mediante la importante función de relacionar problemas y soluciones de ciencia, tecnología o tecnociencia, mediante procedimientos investigativos sistematizados [3].

De igual modo, al día de hoy, para una economía y sociedad cada vez más articuladas con la dirección, organización y producciones basadas en el conocimiento, esta socialización tiene por base a la gestión del conocimiento proceso que implica utilizar tecnologías y prácticas para potenciar la inteligencia colectiva y alcanzar adecuados relacionamientos en cuatro tipos de procesos que conectan al conocimiento tácito con el conocimiento explícito a nivel institucional, con su extensión y realización social y con su proceso de retorno y retroalimentación a lo institucional. Esto se refiere a: 1) la socialización, como transformación de conocimiento tácito en conocimiento tácito; 2) la externalización, como transformación de conocimiento tácito en conocimiento explícito; 3) la combinación, como transformación de conocimiento explícito en conocimiento explícito; y la internalización como transformación del conocimiento explícito en conocimiento tácito [4].

La universidad, que es una creación sociocultural, ha devenido en importante institución de trabajo social con el conocimiento. La medición de sus estándares de calidad, pertinencia y excelencia tiene sentido en relación al cumplimiento de esa función (IESALC – UNESCO, 2023). Esto implica realizar procesos de formación, producción, difusión, aplicación y generalización de conocimientos (y tecnologías) para la sociedad, lo cual la universidad desarrolla en compañía de otras instituciones similares, de organizaciones como las empresas y con diversos centros socioculturales. Carlos Tünnerman, quien dedicó su fecunda vida académica a la comprensión y promoción de este valor de la universidad, lo caracterizó como una condición prioritaria y estratégica [5].

Este nicho de estudios sobre las relaciones entre universidad y socialización del conocimiento es multidimensional y contiene aspectos de connotación conceptual, así como de trascendencia en un sentido práctico para la gestión institucional universitaria [6]. Entre otros problemas/temas, resaltan: 1) el análisis de la propia relación entre la universidad, la socialización en general y la socialización del conocimiento en particular; 2) los estudios de evidencias y validación sobre los aportes de los procesos universitarios al proceso de socialización del conocimiento; 3) la relevancia y aporte particular a la socialización del conocimiento en las sinergias entre investigación y postgrado; 4) las reflexiones sobre las múltiples incidencias de la investigación universitaria y sus resultados en la socialización del conocimiento y su utilización en el desarrollo social; y 5) la medición de eficacia, efectividad y eficiencia en las vías o mecanismos (redes, congresos publicaciones, entre otros) mediante los cuales las universidades logran la mayor socialización posible de sus productos del conocimiento, logrados por intermedio de todos o algunos de sus procesos sustanciales anteriormente enunciados.

El presente trabajo combina varios de estos momentos, al partir de un esclarecimiento de los conceptos de socialización y socialización del conocimiento. Se insiste en la idea de los diversos impactos de la investigación universitaria en este proceso y se evalúa el tema de las sinergias entre investigación y postgrado. A partir de esta base teórica, se procede a evidenciar los resultados primarios pero crecientes de la experiencia institucional de relación investigación-postgrado en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, UNIANDES, Ecuador. De esta manera, se busca reflejar cómo esta experiencia se configura como una expresión de un momento superior en la socialización del conocimiento gestado en la universidad, alineándose con el objetivo principal de desarrollar un método neutrosófico que permita medir dicha socialización de manera efectiva.

2 Materiales y métodos

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [7]. La toma de decisiones es definida como [8]: el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización. Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [9]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio discreto (DMD).

2.1 Tomas de decisiones

Cada problema de toma de decisiones puede ser diferente, sin embargo a partir de la versatilidad de su naturaleza se puede definir un procedimiento para la resolución de problemas. La Figura 1 muestra un esquema para la resolución de problemas de toma de decisiones.

Figura 1: Procedimiento para la resolución de problemas de toma de decisiones.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación [10]. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto *m* de alternativas y *n* criterios [11-13]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [14, 15]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [16],[17]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [18, 19]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\} n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [20-22]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4:

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Diseño del método neutrosófico para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado en la Universidad

El método neutrosófico propuesto está diseñado para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado en la Universidad. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, multiexperto donde se modela el cumplimiento de los indicadores de socialización del conocimiento. Utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica. El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas:

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios que se valoran para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado en la Universidad. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, criterios que se valoran para medir la socialización del conocimiento.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la determinación de los pesos asociados a los criterios evaluativos, se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: evaluación neutrosófica para medir la socialización del conocimiento

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante la ecuación 4. Como resultado se mide la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado en la Universidad.

4 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores evaluativos para medir la socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado. Para este estudio de caso, se tomó como referencia la Universidad Regional Autónoma de los Andes, UNIANDES, Ecuador, en el periodo de 2019 a 2023. Obteniéndose los siguientes resultados:

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Para identificar los criterios que permitan medir la socialización del conocimiento en la relación investigación-postgrado en la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), se consultó a un total de 11 expertos en diversas áreas del conocimiento. Este panel estuvo compuesto por académicos con especialidades en educación superior, desarrollo de políticas educativas, gestión del conocimiento, y metodologías de investigación. Los expertos, que fomentaron un enfoque multidisciplinario, poseen amplia experiencia en el ámbito universitario y han participado activamente en proyectos de investigación y desarrollo en colaboración con entidades educativas y sociales. Los criterios de inclusión se basaron en su formación académica, sus publicaciones en revistas especializadas, y su trayectoria en la implementación de programas de postgrado y proyectos investigativos, asegurando así que los participantes tuvieran una sólida comprensión tanto de la investigación como de la socialización del conocimiento.

A continuación, se presentan los 12 criterios evaluativos sugeridos por los expertos para medir el estado de socialización del conocimiento en la relación investigación-postgrado en UNIANDES:

Tabla 1: Criterios para medir experiencia pedagógica para ingresar a la Educación Superior.

ID	Criterios
C_1	Alcance de publicaciones: Evaluar la cantidad y calidad de publicaciones producidas por el personal académico en relación con las investigaciones.
C_2	Participación de estudiantes en investigaciones: Medir la involucración de los estudiantes de postgrado en proyectos de investigación.
C_3	Impartición de seminarios y talleres: Analizar la frecuencia y relevancia de eventos que busquen difundir el conocimiento generado.
C_4	Colaboraciones interinstitucionales: Examinar la existencia de enlaces y proyectos conjuntos con otras universidades o instituciones.
C_5	Transferencia de tecnología: Evaluar cómo se traducen los resultados de investigación en productos o servicios prácticos.
C_6	Propuestas de políticas educativas: Medir la elaboración de políticas basadas en los hallazgos de la investigación que impacten en la educación superior.
C_7	Sistema de asesorías: Analizar la eficiencia de los programas de asesoramiento entre investigadores y estudiantes de postgrado.
C_8	Redes de conocimiento: Evaluar la creación y mantenimiento de redes académicas para la cooperación y difusión del conocimiento.
C_9	Evaluación de tesis doctorales: Analizar la relevancia y aplicación de los temas de investigación en las tesis de postgrado.
C_{10}	Satisfacción del estudiante: Medir el grado de satisfacción de los estudiantes de postgrado respecto a la integración del conocimiento en sus programas.
C_{11}	Impacto social de la investigación: Evaluar cómo la investigación ha influido en la comunidad y en la sociedad en general.
C_{12}	Generalización de resultados: Examinar la capacidad de los hallazgos de investigación para ser aplicados en contextos más amplios, más allá de la universidad.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a los criterios, se realizó la consulta al panel de expertos que expresaron sus valoraciones sobre los criterios. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante mediante números neutrosóficos definidos en la tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EA)	[1,0,0]
Muy muy alto (MMA)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy alto (MA)	[0.8,0,15,0.20]
Alto (A)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente alto (MDA)	[0.60,0.35,0.40]
Media(M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente bajo (MDB)	[0.40,0.65,0.60]
Bajo (B)	[0.30,0.75,0.70]
Muy bajo (MB)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy bajo (MMB)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente bajo (EB)	[0,1,1]

La tabla 3 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 3: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[0.8,0,15,0.20]
C_3	[1,0,0]
C_4	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_6	[0.8,0,15,0.20]
C_7	[1,0,0]
C_8	[1,0,0]
C_9	[0.70,0.25,0.30]
C_{10}	[0.8,0,15,0.20]
C_{11}	[1,0,0]
C_{12}	[0.70,0.25,0.30]

Etapa 3: evaluación neutrosófica de la a socialización del conocimiento en la relación Investigación – Postgrado

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios definidos, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada criterio para el caso de estudio. La tabla 4 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 4: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterios	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0.10,0.15]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[0.8,0,15,0.20]	[0.75,0.10,0.15]	[0.77,0.25,0.30]
C_3	[1,0,0]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.10]
C_4	[1,0,0]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.10]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0.10,0.15]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_6	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.85,0,15,0.20]
C_7	[1,0,0]	[0.75,0.10,0.15]	[0.87,0,15,0.20]
C_8	[1,0,0]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.10]
C_9	[0.70,0.25,0.30]	[1,0.10,0.15]	[0.85,0,15,0.20]
C_{10}	[0.8,0,15,0.20]	[1,0.10,0.15]	[0.85,0,15,0.20]
C_{11}	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.70,0.25,0.30]	[1,0.10,0.15]	[0.85,0,15,0.20]
Índice			[0.9, 0.1, 0.1]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.90 lo que representa un índice Muy alto (MA) En la medición de la socialización del conocimiento en la relación investigación-postgrado en la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES). El resultado expresa que el cumplimiento de los indicadores se comporta de forma adecuada. Sin embargo, se establecen un conjunto de indicadores que deben ser potenciados para mejorar el cumplimiento de los objetivos trazados.

Los resultados arrojados por el método neutrosófico indican que UNIANDES ha logrado establecer un marco efectivo para la socialización del conocimiento, reflejando su compromiso e impacto en el contexto educativo y social ecuatoriano.

Durante el periodo analizado, de 2019 a 2023, se ha evidenciado un crecimiento significativo en las funciones de investigación de la universidad. Este desarrollo no solo abarca aspectos cualitativos, como la mejora en la planeación y ejecución de proyectos relacionados con problemáticas locales, sino también aspectos cuantitativos, que incluyen un aumento en la producción de publicaciones de alto nivel en bases de datos regionales e internacionales. Estos logros subrayan la efectividad de la universidad en integrar sus funciones educativas y de investigación, contribuyendo así al proceso de integración universidad-sociedad.

Asimismo, UNIANDES ha implementado con éxito varios programas de postgrado, como la Maestría en Administración y Dirección de Empresas, la Maestría en Enfermería, y la Maestría en Derecho, lo que no solo enriquece la oferta académica, sino que también refuerza las sinergias entre la investigación y la formación de profesionales capacitados. Estos programas son testimonio del enfoque proactivo de la universidad hacia la formación integral de sus estudiantes, preparando a futuros líderes que pueden aplicar el conocimiento generado para enfrentar desafíos en sus respectivos campos.

Los resultados de esta investigación destacan el rol crucial de UNIANDES en el avance de la socialización del conocimiento, mostrando cómo la colaboración entre investigación y postgrado puede resultar en un impacto positivo tanto en el ámbito académico como en la sociedad en general. Este enfoque ha permitido a la universidad posicionarse como un agente de cambio en el contexto de la educación superior ecuatoriana.

5 Discusiones

El proceso universidad y socialización del conocimiento apunta hacia una socialización del conocimiento como proceso de circulación del conocimiento en la relación universidad – sociedad que trascurre entre investigadores individuales, en los equipos de investigación, y entre estos y sus entornos interno institucional y externo social. En los siguientes aspectos se puede precisar mejor esta conexión entre la universidad y la socialización de sus conocimientos y tecnologías:

a. Las funciones universitarias (formación, investigación y vinculación con la sociedad) tienen como meta incorporar el conocimiento al contexto social. La formación de competencias y su integración social mediante la práctica profesional es el modo de socialización de la formación universitaria de tercero y cuarto nivel; la investigación socializa conocimientos y productos que son resultado de procedimientos sistematizados uni, multi y transdisciplinarios; y en el caso de la vinculación con la sociedad se trata de la armonización de actores, saberes y acciones que viabilizan mejoras incrementales o cambios más radicales en entornos societales de mayor o menor condición territorial y en el entramado de relaciones sociales de individuos, grupos y comunidades [23].
b. Específicamente, para la función de investigación, se trata de una actividad de impacto técnico y cultural que conecta nuevos conocimientos con necesidades y demandas del desarrollo social en general y de instituciones específicas. Este aporte se gestiona según la estructura y fortalezas de cada institución, y las universidades las planifican y ejecutan mediante proyectos de investigación centrados en la solución de problemas propios, de otras instituciones y localizados en actividades sociales específicas (económicas, sociales, culturales, de impacto ambiental, entre otras).
c. Para cumplir esta relación entre universidad y socialización de conocimientos se ha ampliado el modo de reconocer sus aportes e impactos. Esto conlleva a que la proyección y aceptación de los beneficios del conocimiento y tecnologías producidos por la universidad y con sus relaciones interinstitucionales no se reduzcan a contextos societales (institucional, comunitario, local, regional, nacional), como lo tradicionalmente más reconocido, sino que también se extiende a los aportes e impactos en los desarrollos teórico y metodológico de la propia ciencia, a la renovación en las relaciones ciencia – docencia y sus procesos de enseñanza aprendizaje, en la formación cultural y científica de los investigadores que conforman la comunidad de investigación universitaria, entre otros. Entiéndase como una mirada de amplio espectro en los impactos de la investigación universitaria, porque los impactos son múltiples y todos inciden directa o indirectamente en el desarrollo social.
d. También la gestión universitaria proyecta la socialización de sus productos de conocimiento e innovación con mecanismos y procedimientos que multiplican los efectos sociales de la investigación universitaria y amplían su visibilidad desde lo institucional a otros entornos (locales, nacionales, regionales y globales). El trabajo en redes intra e interinstitucionales, el desarrollo de congresos y el trabajo editorial para las publicaciones en formatos digitales se presentan como alternativas más efectivas y eficientes de integración social de las producciones universitarias.

Visto desde una perspectiva histórica, con la renovación de los modelos de desarrollo que tiene lugar en las últimas décadas, las universidades avanzaron en su integración a la sociedad y en el reconocimiento de sus necesidades y demandas. Ya sea por la prioridad a la excelencia científica y las demandas tecno económicas, o por las exigencias de responsabilidad y pertinencia social en los procesos de evaluación y acreditación, los vínculos entre universidad y sociedad y la socialización del conocimiento con participación de las instituciones universitarias avanzaron en lo cuantitativo y cualitativo.

También en la potenciación del postgrado como formación de cuarto nivel se manifestó y desarrolló una vía para la socialización de conocimientos y tecnologías donde se evidenciaban nuevas fortalezas de carácter más integrativas entre la institución universitaria y otras instituciones sociales. Al saber experto universitario se unió la experticia relacionada con el saber hacer de profesionales de sectores productivos y de servicios.

Una consecuencia gradual pero inevitable fue la renovación en los modelos pedagógicos, con carácter más innovador, que impactó tanto a la dimensión de especialización como al eje de investigación/titulación de los programas de postgrados. En tales condiciones mejoró la integración entre investigación y postgrado y se fue alcanzando una condición más productiva frente al conocimiento y su socialización en la perspectiva de espectro más amplio ya analizada, donde es preciso recalcarlo, los impactos son múltiples (en lo teórico, lo metodológico, lo pedagógico, lo social y medioambiental) y todos inciden directa o indirectamente en el desarrollo social.

La universidad no constituye la única institución de producción y socialización de conocimientos, las empresas y otras instituciones socioculturales como la educación general y los medios de comunicación pueden cumplir este papel [24]. Lo distintivo de la universidad radica en la diversidad de sus aportes a la socialización del conocimiento, desde distintos campos de conocimiento, en una única institución, así como la variedad de vías estructurales y funcionales que contiene para responder a ese valor institucional: formación de tercero y cuarto nivel, investigación científica, vinculación universidad – sociedad, formación de redes de conocimiento interinstitucionales, entre otras [25].

En el proceso de formación de cuarto nivel, las universidades encuentran uno de los mejores instrumentos de socialización del conocimiento. Las relaciones interinstitucionales que se generan en la educación postgraduada y mediante la combinación del saber experto universitario y el saber hacer del profesional que propende a su superación en el postgrado universitario, fortalece la principal condición de la socialización del conocimiento desde la investigación: la formulación de problemas científicos y de la profesión de relevancia institucional.

Un aspecto menos tratado en la literatura científica sobre la educación de postgrado (con énfasis en la modalidad de maestrías), en su proyección investigativa y en los procesos de integración social del conocimiento, se refieren a la correlación entre los momentos reproductivos y productivos del conocimiento en su diseño. El fortalecimiento de los espacios investigativos (de producción de conocimientos) en la conformación y desarrollo de los programas debe tenerse como prioridad que no debe estar reñida con tendencias de excesiva flexibilidad en la forma de titulación y de reducción del tiempo necesario de formación del graduado.

Otro aspecto no suficientemente considerado en los enfoques sobre formación de cuarto nivel en la modalidad de maestrías y sus aportes a la socialización del conocimiento se refiere a la permanencia de una visión estrecha de los impactos investigativos que se pueden derivar de la ejecución de sus programas, especialmente en su eje de investigación/titulación. Como fue analizado en el apartado 3.1, la socialización del conocimiento se realiza en la dialéctica entre sus dimensiones individual, colectiva y propiamente institucional/social. Por ello, la presencia e incidencia de estudios orientados a desarrollos teóricos, de mejoras de metodología en el campo, de aprendizajes formativos o de desarrollo cultural de la profesión son parte necesaria del carácter socializador del conocimiento que es consustancial a la relación universidad – sociedad.

6 Conclusión

Los resultados arrojados a partir del desarrollo del método neutrosófico propuesto, demuestran el amplio interés que genera en la comunidad de investigación universitaria, y particularmente en los estudios de gestión institucional, el cumplimiento de la responsabilidad de las instituciones de educación superior respecto a la acción social de su producción de conocimientos y tecnologías.

Se confirma mediante el análisis de la experiencia institucional de relaciones de la universidad y la socialización de conocimientos en UNIANDES, dos aspectos clave relacionados con el propósito del estudio contenido en el presente trabajo: 1) la sinergia investigación – postgrado sí clasifica como valioso recurso en la relación entre la universidad y la socialización de conocimiento; y 2) el criterio teórico – metodológico de ampliación de los aportes e impactos de la investigación universitaria.

Se evidencia el avance en la relación sinérgica de la investigación y el postgrado en UNIANDES para el período y los programas de formación de cuarto nivel examinados. Los aportes a la socialización del conocimiento mediante la relación investigación – postgrado se ha diversificado y puede escalar en sus niveles de calidad y pertinencia con la adopción de valiosas prácticas como: el fomento de sistemas integrados de información académica de cuarto nivel, nacional e internacional, así como de programas de postgrados interinstitucionales que sustentan la vinculación entre pares científicos que ayuda a crear grupos y líneas de investigación para el trabajo científico en cooperado en redes de conocimiento.

Referencias

[1] H. Simkin, and G. Becerra, "El proceso de socialización: Apuntes para su exploración en el campo psicosocial," *Ciencia, docencia y tecnología*, no. 47, pp. 00-00, 2013.

[2] L. M. Lezama, "Concepciones teóricas de los procesos cognitivos individuales y compartidos," *Copérnico,* vol. 21, no. 40, pp. 6-15, 2024.

[3] A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, L. D. S. Jara, and F. I. G. Castro, "Las Categorías Enseñanza, Aprendizaje; Desarrollo, Innovación Educativa y formación. Relaciones entre ellas," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 3, pp. 178-183, 2022.

[4] R. Muthuveloo, N. Shanmugam, and A. P. Teoh, "The impact of tacit knowledge management on organizational performance: Evidence from Malaysia," *Asia Pacific Management Review,* vol. 22, no. 4, pp. 192-201, 2017.

[5] C. T. Bernheim, *La educación superior en América Latina y el Caribe: diez años después de la Conferencia Mundial de 1998*: Pontificia Universidad Javeriana, 2008.

[6] H. Idrees, J. Xu, S. A. Haider, and S. Tehseen, "A systematic review of knowledge management and new product development projects: Trends, issues, and challenges," *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 8, no. 2, pp. 100350, 2023.

[7] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.

[8] E. B. F. Fincowsky, "Toma de decisiones empresariales," *Contabilidad y Negocios* vol. Vol 6, No 11, pp. 113-120. ISSN 1992-1896, 2011.

[9] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[10] F. Morey Cortès, "El sistema alimentario global: ponderación cuantitativa de las variables del modelo en el entorno de Cataluña," Universitat Politècnica de Catalunya, 2019.
[11] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[12] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[13] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
[15] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
[16] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.
[17] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.
[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.
[19] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.
[20] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
[21] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
[22] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
[23] J. Morales, "Universidad: docencia, investigación y extensión. Procesos integrados, interdependientes e irreducibles," *Revista Latinoamericana de Difusión Científica,* vol. 4, no. 7, pp. 112-140, 2022.
[24] A. Di Vaio, R. Palladino, A. Pezzi, and D. E. Kalisz, "The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review," *Journal of business research,* vol. 123, pp. 220-231, 2021.
[25] P. Chaithanapat, P. Punnakitikashem, N. C. K. K. Oo, and S. Rakthin, "Relationships among knowledge-oriented leadership, customer knowledge management, innovation quality and firm performance in SMEs," *Journal of Innovation & Knowledge,* vol. 7, no. 1, pp. 100162, 2022.

Recibido: noviembre 28, 2024. Aceptado: diciembre 26, 2024

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 36, 2025
University of New Mexico

Di-aléctica, Tri-aléctica, ..., n-aléctica, para n ≥ 2.

Di-alectic, Tri-alectic, …, n-alectic, for n ≥ 2.

Florentin Smarandache[1] and Maikel Y. Leyva Vázquez[2,3]

[1] Profesor Emérito de Matemáticas en la Universidad de Nuevo México, Gallup, Nuevo México. EE.UU. smarand@unm.edu
[2] Universidad Bolivariana del Ecuador, Guayas. Ecuador. myleyvav@ube.edu.ec [3] Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador. maikel.leyvav@ug.edu.ec

Resumen: Este artículo explora el marco n-aléctico, que amplía los modelos di-alécticos y tri-alécticos tradicionales mediante la integración de múltiples subcomponentes a través de la lógica neutrosófica refinada. A partir de las filosofías precolombinas, en particular las tradiciones mesoamericanas, andinas y amazónicas, el estudio demuestra cómo las cosmovisiones indígenas se alinean con las estructuras n-alécticas. La figura de Quetzalcóatl/Kukulkán ilustra un equilibrio triádico entre el cielo, la tierra y el inframundo, mientras que los andinos Yanantin y Pachakuti reflejan una dualidad y transformación complementarias. La cosmología shuar ejemplifica además un complejo sistema naléctico, en el que múltiples fuerzas espirituales y naturales interactúan dinámicamente. El modelo de toma de decisiones éticas, aplicado a la extracción de recursos y a los principios de la Pachamama, utiliza métricas ponderadas y cálculos de distancia neutrosófica para evaluar las opciones sostenibles. Los resultados destacan el razonamiento naléctico como una poderosa herramienta para equilibrar factores económicos, medioambientales y sociales, promoviendo la integración armoniosa de fuerzas opuestas en la toma de decisiones.

Palabras clave: n-aléctica, lógica neutrosófica, filosofía indígena, toma de decisiones éticas, cosmología andina, cosmovisión mesoamericana.

Abstract: This article explores the n-allectic framework, which extends traditional di- and tri-allectic models by integrating multiple subcomponents through refined neutrosophical logic. Drawing from preColumbian philosophies, particularly Mesoamerican, Andean and Amazonian traditions, the study demonstrates how indigenous worldviews align with n-allectic structures. The figure of Quetzalcoatl/Kukulkan illustrates a triadic balance between heaven, earth and the underworld, while the Andean Yanantin and Pachakuti reflect complementary duality and transformation. Shuar cosmology further exemplifies a complex n-allectic system, in which multiple spiritual and natural forces interact dynamically. The ethical decision-making model, applied to resource extraction and Pachamama principles, uses weighted metrics and neutrosophic distance calculations to evaluate sustainable options. The results highlight n-allectic reasoning as a powerful tool for balancing economic, environmental and social factors, promoting the harmonious integration of opposing forces in decision making.

Keywords: n-allectics, neutrosophic logic, indigenous philosophy, ethical decision making, Andean cosmology, Mesoamerican cosmovision.

1 Introducción

Mientras que **la dialéctica** es la dinámica de los opuestos T y F (o Verdad y Falsedad), la neutrosofía es una **trialéctica**, la dinámica de los opuestos (T y F) y la neutralidad/indeterminación (I) entre ellos [1].

Esta perspectiva más amplia se alinea con las tradiciones filosóficas de América Latina, donde los sistemas de pensamiento precolombinos abrazaban relaciones complejas entre dualidades y estados intermedios en lugar de dicotomías rígidas. En El amanecer de todo, David Graeber y David Wengrow [2] exploran cómo las sociedades precolombinas han dado forma a la filosofía occidental, desafiando las narrativas eurocéntricas y ofreciendo marcos conceptuales alternativos que enriquecen el pensamiento humano. Un ejemplo sorprendente de razonamiento trialéctico se encuentra en las cosmovisiones tolteca y azteca, especialmente en la figura de Quetzalcóatl (o Kukulkán en la cultura maya) [3]. La deidad serpiente emplumada que encarna la interacción dinámica de los opuestos (T y F) y la fuerza mediadora de la indeterminación (I), una característica esencial del pensamiento trialéctico.

Figura 1. Efecto del descenso de la serpiente observado en el Templo de Kukulcán durante el equinoccio de marzo de 2009 [4].

Este esquema ilustra una trialéctica temporal, en la que el equilibrio entre fuerzas opuestas (luz y sombra) no es meramente dualista, sino que incluye un estado intermedio. En el fenómeno del equinoccio de Kukulkán, este estado es la penumbra, donde la luz y la sombra coexisten y se transforman mutuamente.

La figura de Quetzalcóatl/Kukulkan representa una interacción dinámica entre tres fuerzas:

$$(T = Sky, I = Earth, F = \text{Underworld})$$

- Cielo (T - El quetzal, lo divino y la sabiduría pura).
- Tierra (I - La serpiente Coatl, la transformación y el equilibrio entre lo material y lo espiritual).
- Inframundo (F - Muerte, cambio y renovación mediante el sacrificio).

Quetzalcóatl encarna la fuerza que mantiene el equilibrio necesario para evitar que el caos del inframundo (por ejemplo, Mictlán) se apodere del mundo humano. Este modelo ilustra cómo la trialéctica estaba inherentemente arraigada en la cosmovisión mesoamericana, donde los opuestos no eran meros contrastes sino fuerzas interdependientes comprometidas en un proceso continuo de transformación.

Figura 1. Quetzalcóatl: La armonía trialéctica de la tierra y el cielo en Teotihuacan
Subtítulo: Plumas del cielo y serpiente de la tierra convergen en la indeterminación, simbolizando el equilibrio intermediario entre fuerzas opuestas en la Pirámide de Quetzalcóatl en Teotihuacan [5].

En la Dialéctica Andina [1,2], los opuestos Yanantin y Pachakuti, no sólo son contradictorios sino también complementarios, como en nuestra vida real [6,7].

La mujer es el complemento del hombre, pero a veces también contradictoria (discute y se pelea).

Podemos considerar, por ejemplo, **la Lógica Neutrosófica Cuádruple**, donde
(T, F) se refina en (T, I_1, I_2, F), como sigue:
T = hombre
F = mujer
I_1 = un tipo de indeterminación, llamada relación complementaria entre el hombre y la mujer (se ayudan mutuamente);
I_2 = otro tipo de indeterminación, llamada relación contradictoria entre el hombre y la mujer (están luchando uno con el otro).
Por lo tanto, aquí se tiene una **cuadr-aléctica**, dinámica de cuatro elementos.

La dinámica más general es la **n-aléctica**, que es la dinámica de n (sub)componentes del Lógica Neutrosófica Refinada [8]:

Los Componentes Neutrosóficos (T, I, F) se refinaron en n Subcomponentes Neutrosóficos

$(T_{(1)}, T_2, ...T_p; I_1, I_2, ..., I_r; F_1, F_2, ..., F_s)$, donde p, r, s, n son enteros positivos y p + r + s = n.

En Shuar o Jíbaro, una cultura amazónica de Ecuador y Perú (Figura 3), la cosmología se basa en tres reinos primarios: el Mundo Superior (T - El Reino Celestial y Espiritual), el Mundo Medio (I - El Reino Humano y Social) y el Mundo Inferior (F - El Reino del Caos, la Transformación y la Oscuridad), estrechamente asociados con deidades específicas y fuerzas espirituales que encarnan sus respectivas características [9]. Estas deidades pueden representarse en la estructura n-aléctica descrita en el marco de la lógica neutrosófica refinada. La cosmovisión shuar va más allá de una simple dualidad (por ejemplo, el bien frente al mal) o incluso de una estructura triádica básica (mundos superior, medio e inferior); en su lugar, representa un complejo sistema n-aléctico en el que múltiples subcomponentes interactúan dinámicamente.

Por ejemplo [10-12]:

- Tsunki ($T_{(1)}$- El Espíritu del Agua y Guardián de la Curación) y Shakaim (F_1 - La Fuerza de la Fuerza y el Caos) no son simplemente opuestos; interactúan dinámicamente a través del papel del chamán (I_3 - La Fuerza Mediadora entre los Mundos), que busca el equilibrio.
- Nunkui (T3 - El Espíritu de la Fertilidad y el Proveedor de la Tierra) garantiza la fertilidad, pero Nekás (F_3 - El Espíritu de la Sombra, las Fuerzas Salvajes Incontrolables) representa la destrucción; ambos son necesarios para el equilibrio ecológico.
- La fuerza física guerrera (Iwia, $I_{(1)}$- El Mundo Físico y el Espíritu Guerrero) se debate entre la sabiduría celestial de Etsa (T_2 - El Espíritu Solar, Proveedor de Vida y Fuerza) y la transformación caótica de Kakarma (F_2 - La Fuerza del Cambio y el Renacimiento).
- El mundo social y cultural (I_2 - El Espíritu Colectivo y la Tradición) sirve de depósito de conocimientos, costumbres y rituales comunitarios, que regulan la forma en que los seres humanos interactúan tanto con el mundo espiritual como con el natural. A través de la transmisión cultural, las tradiciones orales y las ceremonias colectivas, $I_{(2)}$ estabiliza el equilibrio entre I_1 (el mundo físico), I_3 (mediación espiritual) y las fuerzas cosmológicas más amplias (T y F).

Este marco n-aléctico se ajusta estrechamente a la lógica neutrosófica refinada, ya que cada deidad, fuerza o espíritu no existe de forma aislada ni como parte de un sistema binario rígido, sino dentro de una red relacional caracterizada por la complementariedad, la contradicción y la transformación.

Figura 3. Territorio Jivaro resaltado en rojo, entre Ecuador y Perú [13].

Los Componentes Neutrosóficos (T, I, F) se refinaron en n Subcomponentes Neutrosóficos [14]:

$(T_1, T_2, T_3; I_1, I_2, I_3; F_1, F_2, F_3)$,

Este marco n-aléctico permite una comprensión más dinámica y estratificada de la realidad, en la que cada subcomponente interactúa con los demás de forma complementaria, contradictoria o indeterminada. De este modo, la cosmología shuar ejemplifica una estructura n-aléctica, en la que la interacción de múltiples subcomponentes crea una comprensión rica y dinámica de la existencia. Esto va más allá de las simples dualidades o relaciones triádicas, abarcando una visión más compleja e interconectada de la realidad que se alinea con los principios de la lógica neutrosófica refinada.

2. Aplicación práctica: Incorporación de componentes éticos de Pachamama en la toma de decisiones

Tomar una decisión ética en el marco de la n-aléctica y el respeto a la Pachamama [15, 16] implica considerar múltiples dimensiones interconectadas que reflejan aspectos humanos y no humanos. La n-aléctica, basada en la lógica neutrosófica refinada, permite la integración de subcomponentes dinámicos (verdad, indeterminación y falsedad) para abordar problemas complejos en los que las verdades absolutas son escasas y las perspectivas diversas. En este contexto, la toma de decisiones éticas debe equilibrar los intereses económicos, sociales, medioambientales y espirituales, especialmente en entornos en los que las cosmovisiones indígenas reconocen la naturaleza como una entidad con derechos.

2.1. Definición de subcomponentes neutrosóficos

En el contexto de la minería y el respeto a la Pachamama, los subcomponentes neutrosóficos pueden representarse de la siguiente manera:

- Verdad (T): Beneficios económicos y desarrollo social derivados de la minería.
  Ejemplo: Creación de empleo, ingresos para las comunidades locales, inversión en infraestructuras. •
  Indeterminación (I): Aspectos ambiguos o inciertos relacionados con la minería.
  I_T: Indeterminación inclinada hacia la verdad (por ejemplo, proyectos mineros que prometen beneficios pero aún no han demostrado resultados).
  I: Pura indeterminación (por ejemplo, falta de estudios exhaustivos sobre el impacto medioambiental).
  I_F: Indeterminación inclinada hacia la falsedad (por ejemplo, riesgos potenciales para ecosistemas frágiles). •
  Falsedad (F): Impactos negativos asociados a la minería.
  Por ejemplo: Contaminación del agua, deforestación, pérdida de biodiversidad, daños culturales y espirituales a las comunidades indígenas.

Estos subcomponentes pueden afinarse aún más en función de las necesidades específicas del caso, siguiendo el modelo n-aléctico**:**

$(\boldsymbol{T, I_t, I, I_F, F})$

Estos subcomponentes pueden afinarse en función de las necesidades específicas del caso[17].

2.2. Asignar pesos a los componentes

Las ponderaciones se asignan a cada subcomponente en función del énfasis deseado. Por ejemplo:

w_T = 0,33 (para Verdad, T),
w_{IT} = 0,165 (para IT, indeterminación inclinada hacia la verdad),
w_I = 0,165 (para I, indeterminación pura),
w_{IF} = 0,165 (para IF, indeterminación inclinada hacia la falsedad), w_F
= 0,175 (para Falsedad, F).

La suma total de estos pesos es:

$$w_T + w_{IT} + w_I + w_{IF} + w_F = 0.33 + 0.165 + 0.165 + 0.165 + 0.175 = 1$$

Así se garantiza que la distribución del peso sea equilibrada y que cada subcomponente tenga la influencia deseada en el resultado. Los pesos pueden variar en función de si el objetivo es minimizar los riesgos o maximizar los beneficios.

La asignación de pesos a los componentes puede vincularse al principio andino de complementariedad, que rige diversos aspectos de la vida, incluidas las dimensiones política, social, económica y espiritual, al reflejar la coexistencia y el equilibrio de elementos opuestos o diferentes para lograr un propósito mayor 1. Por ejemplo, los "riesgos" y los "beneficios" pueden verse como fuerzas complementarias que deben sopesarse según el contexto y las prioridades, reflejando el enfoque andino de equilibrar fuerzas o intereses opuestos. Este concepto se alinea con el principio de relacionalidad de la filosofía andina, que destaca la interconexión de todos los elementos y la importancia de considerar cómo cada factor, como el riesgo o el beneficio, afecta a todo el sistema, garantizando que las decisiones se tomen en armonía con los principios andinos.

2.3. Determinar la opción ideal

Dado un conjunto de opciones, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, la solución ideal$I$ se define como [18]:

$$I = (max(T_x), max(IT_x), min(I_x), min(IF_x), min(F_x)) \quad (1)$$

Dónde:

- T_x: Verdad asociada a la opción x.
- IT_x: Indeterminación inclinada hacia la verdad asociada a la opción x.
- I_x: Indeterminación pura asociada a la opción x.
- IF_x: Indeterminación inclinada hacia la falsedad asociada a la opción x. • F_x: Falsedad mínima asociada a la opción x.

Este ideal sirve de punto de referencia para evaluar las alternativas.

El concepto de "opción ideal", que implica maximizar la verdad (T), minimizar la falsedad (F) y gestionar la indeterminación (I_T, I, I_F), resuena con los principios filosóficos precolombinos, en particular los de los shuar y otras culturas andinas y amazónicas. Estas visiones del mundo hacen hincapié en un equilibrio dinámico entre fuerzas opuestas pero complementarias, como los reinos espiritual y terrenal, lo que refleja un proceso continuo de ajuste para lograr la armonía. Este principio de equilibrio se alinea con la búsqueda de una opción ideal que maximice los resultados positivos al tiempo que minimiza los negativos y aborda las incertidumbres inherentes. La refinada clasificación neutrosófica de la indeterminación en tres tipos -I_T (inclinación hacia la verdad), I (indeterminación pura) e I_F (inclinación hacia la falsedad)- es paralela a la cosmovisión shuar, en la que las realidades no son absolutas ni binarias, sino complejas y dependientes del contexto. Por ejemplo, I_T puede representar fuerzas espirituales benévolas que promueven el bienestar, I simboliza ambigüedades naturales como ciclos de transformación, e I_F corresponde a fuerzas caóticas o destructivas que deben minimizarse.

Este enfoque también se alinea con el principio andino de complementariedad, donde los opuestos coexisten y se integran en un todo armonioso, como se ve en el concepto de Yanantín. Además, el objetivo de minimizar la falsedad y maximizar la verdad en el marco neutrosófico refleja los principios éticos precolombinos centrados en el respeto a la Pachamama (Madre Tierra) y el bienestar colectivo. Estas culturas daban prioridad a las decisiones que equilibraban las necesidades humanas con la armonía ecológica, encarnando una ética holística que valora la sostenibilidad y el respeto por las fuerzas vitales universales. Este enfoque pone de relieve la importancia de integrar múltiples dimensiones para lograr soluciones óptimas y equilibradas 4

3. Calcular la distancia neutrosófica

La distancia entre dos números refinados puede calcularse utilizando una métrica ponderada, como la distancia euclídea o la distancia de Hamming. La fórmula general para la distancia ponderada es [19,20]:

$$\boldsymbol{d_i^+ = \sum_{i=1}^{n} (w_T |T_{A(x_i)} - T_{B(x_i)}|^{\lambda} + w_{IT} |IT_{A(x_i)} - IT_{B(x_i)}|^{\lambda} + w_I |I_{A(x_i)} - I_{B(x_i)}|^{\lambda} + w_{IF} |IF_{A(x_i)} - IF_{B(x_i)}|^{\lambda} +}$$

$w_F|F_{A(xi)} - F_{B(xi)}|$) **(2)**

Dónde:

λ>0 define el tipo de distancia (por ejemplo, λ=1 para la distancia de Hamming, λ=2 para la distancia euclidiana).

Una distancia menor indica una mayor similitud entre los números refinados. Este enfoque es útil para identificar la opción más cercana a una norma ideal o de referencia.

La opción elegida será la más cercana al ideal. El cálculo de la distancia entre números refinados mediante métricas ponderadas, como la distancia euclidiana o la de Hamming, puede asociarse a principios filosóficos precolombinos, en particular al principio de equilibrio y complementariedad que se encuentra en las cosmovisiones andina y amazónica. Este principio enfatiza la interconexión dinámica entre fuerzas opuestas o complementarias para alcanzar la armonía, lo que se refleja en la forma en que los subcomponentes neutrosóficos (verdad, indeterminación y falsedad) son ponderados y comparados para encontrar un equilibrio óptimo. En la filosofía andina, el principio de complementariedad (Yanantin) postula que los opuestos coexisten y se equilibran para formar un todo armonioso [21]. Por ejemplo, los subcomponentes T (verdad), IT (indeterminación inclinada hacia la verdad), I (indeterminación pura), IF (indeterminación inclinada hacia la falsedad) y F (falsedad) representan fuerzas complementarias. La asignación de pesos refleja cómo se equilibran estas fuerzas según el contexto, de forma similar al ajuste de los opuestos en el pensamiento andino para lograr un propósito mayor.

Este enfoque también se alinea con el principio de relacionalidad , central en las cosmovisiones indígenas, que subraya la interconexión de todos los elementos y la necesidad de considerar las relaciones entre los componentes a la hora de tomar decisiones 2. El cálculo de la distancia evalúa cuidadosamente cómo cada subcomponente (T, IT, I, IF, F) afecta a todo el sistema, asegurando la coherencia con un marco holístico. Esto refleja cómo las culturas precolombinas daban prioridad a las decisiones que integraban múltiples dimensiones -humana, espiritual y medioambiental- para mantener el equilibrio ecológico y social . Así, el uso de métricas ponderadas en la lógica neutrosófica resuena con principios tradicionales como la complementariedad y la relacionalidad, destacando la importancia de equilibrar fuerzas opuestas y considerar las interconexiones sistémicas para obtener resultados sostenibles y armoniosos.

4. Ejemplo ilustrativo: Toma de decisiones éticas en la minería utilizando el marco N-Alectic

Una empresa minera multinacional propone un proyecto minero a gran escala en una región habitada por comunidades indígenas que se adhieren a principios éticos basados en la Pachamama. El proceso de toma de decisiones debe integrar el desarrollo económico, el impacto social, la sostenibilidad medioambiental y el respeto cultural, reconociendo al mismo tiempo las incertidumbres y contradicciones inherentes a las actividades mineras. Paso 1: Definición de subcomponentes neutrosóficos.

Utilizando principios n-alécticos, clasificamos los impactos potenciales de la minería de la siguiente manera:

- Verdad (T) - Resultados positivos
- Indeterminación (I) - Incertidumbres y ambigüedades ○ IT (Indeterminación inclinada hacia la verdad): El proyecto minero promete beneficios económicos, pero el éxito a largo plazo es incierto.
    - I (Indeterminación pura): La falta de estudios exhaustivos de impacto ambiental crea riesgos desconocidos.
    - IF (Indeterminación inclinada a la falsedad): Protección jurídica poco clara de los derechos territoriales indígenas y posibles cambios políticos.
- Falsedad (F) - Resultados negativos

Así, el escenario minero puede estructurarse como:

Paso 2: Asignar pesos a los componentes

$$(T, IT, I, IF; F)$$

Para garantizar que las consideraciones éticas se ajustan a los principios andinos de complementariedad y relacionalidad, asignamos las siguientes ponderaciones:

- Beneficios económicos y sociales:
  w_T=0.30
- Factores indeterminados:
  w_{IT}=0.15
  w_I==0.15
  w_{IF}==0.15
- Daños medioambientales y culturales:
  w_F==0.25

$W = (0.30,0.15, 0.15, 0.15, 0.25)$

Estas ponderaciones reflejan un equilibrio ético en el que los beneficios económicos y sociales (T) son importantes pero no pesan más que la sostenibilidad cultural y medioambiental (F), en consonancia con la ética de la Pachamama.

Paso 3: Identificación de la decisión ética ideal

La decisión ideal debe maximizar la verdad económica y social (T), minimizar la falsedad (F) y gestionar responsablemente las indeterminaciones (IT, I, IF). Utilizando la fórmula de solución ideal neutrosófica: evaluamos dos alternativas de decisión:

Opción A: Minería sostenible con liderazgo indígena

- **T:** Alta (T1=0,8)
- **IT:** Medio (IT=0,5)
- **I:** Bajo (I=0,3)
- **FI:** Bajo (IF=0,2)
- **F:** Muy bajo (F=0,2)

$A = (0.8,0.50,0.3,0.2,0.2)$

Opción B: Minería convencional a gran escala

- **T:** Alto (T= 0.7)
- **IT:** Alto (IT=0,6)
- **I:** Alta (I=0,7)
- **FI:** Alto (IF=0,6)
- **F:** Alta (F1=0,7)

$B = (0.7, 0.6, 0.7, 0.6, 0.70)$

La solución de Idel se calcula mediante la ecuación 1 (como sigue:

$$I = (max(0.8, 0.7), max(0.5, 0.6), min(0.3, 0.7), min(0.2, 0.6), min(0.2, 0.7))$$

$$I = (0.8, 0.6, 0.3, 0.2, 0.2)$$

Paso 4: Cálculo de la distancia neutrosófica
Utilizando la fórmula métrica ponderada ($\boldsymbol{\lambda = 2}$) , calculamos la distancia a la decisión ética ideal (I)
d_A+= 0.0387 d_B+= 0. 0.3369.

- La opción A (Minería Sostenible con Liderazgo Indígena) tiene una distancia neutrosófica menor, lo que la convierte en la opción éticamente preferible según los principios de la Pachamama.

Este resultado apoya la idea de que la toma de decisiones éticas debe equilibrar la sostenibilidad económica, medioambiental y cultural, haciendo hincapié en la armonía y la complementariedad por encima de los beneficios puramente económicos.

5. Conclusiones

El marco n-aléctico ofrece una sofisticada herramienta analítica que va más allá de la oposición binaria al incorporar múltiples subcomponentes interdependientes. Ya sea en contextos filosóficos, culturales o prácticos de toma de decisiones, este modelo mejora nuestra capacidad para navegar por la complejidad y lograr una integración armoniosa de fuerzas opuestas, un principio profundamente arraigado en las cosmovisiones indígenas y en la lógica neutrosófica refinada.

La investigación futura puede explorar más a fondo las aplicaciones prácticas de los modelos n-alécticos en diversos ámbitos. En la formulación de políticas, el marco n-aléctico puede aplicarse a las políticas gubernamentales y medioambientales, mejorando la toma de decisiones mediante la integración de múltiples dimensiones de verdad, indeterminación y falsedad. En el ámbito de la sostenibilidad económica, estos principios podrían contribuir al desarrollo de modelos de desarrollo sostenible más holísticos y adaptables. Además, en el ámbito de la tecnología y la ética de la IA, una lógica neutrosófica refinada podría ofrecer valiosas perspectivas para la toma de decisiones éticas en inteligencia artificial, abordando las complejidades de la incertidumbre y la parcialidad. Desde una perspectiva cultural, nuevas investigaciones podrían examinar cómo las cosmologías indígenas se alinean con el pensamiento naléctico, proporcionando una visión más profunda de sus implicaciones filosóficas a escala global. Si seguimos perfeccionando y ampliando este planteamiento, podremos fomentar una comprensión más integradora y global de la realidad, tendiendo puentes entre diversas cosmovisiones y metodologías para promover un futuro sostenible y ético.

Referencias:

[1] Smarandache, Florentin. Neutrosophy, A New Branch of Philosophy. Multiple Valued Logic/An International Journal, 2002, vol. 8, no 3, p. 297.

[2] Graeber, D., y Wengrow, D. (2021). El amanecer de todo: Una nueva historia de la humanidad. Penguin UK.

[3] Peck, D. T. (2002). El origen geográfico y la aculturación de la civilización avanzada maya en Mesoamérica. Revista de Historia de América, 7-28.

[4] Usuario:Kaxixati. (2007). Equinoccio de Chichén Itzá [Fotografía]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ChichenItzaEquinox.jpg

[5] Waltzer, J. (1948). Templo de Quetzalcoatl [Fotografía]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Temple_of_quetzalcoatl.jpg

[6] Alonso Castillo Flores, Del Yanantín al Pachakuti: La dialéctica andina, Disenso: Critica y Reflexion Latinoamericana, vol. 4, no. 1, Julio 2021

[7] Aguilar Choque, Franz Emerson, Lo Ch'ixi: entre lo indígena y lo occidental / La coexistencia de elementos múltiples en un mismo sujeto; Jornadas de Jóvenes Investigadores AUGM, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina, 17, 18 y19 de octubre de 2018.

[8] F. Smarandache, n-Valued Refined Neutrosophic Logic and Its Applications to Physics, Progress in Physics, Vol. 4, 143-146, 2013,

[9] Harner, M. (2013). Cueva y cosmos: Encuentros chamánicos con otra realidad. North Atlantic Books.

[10] Descola, P. (1994). En La Sociedad de la Naturaleza: A Native Ecology in Amazonia. Cambridge UP.

[11] Harner, M. J. (1984). The Jivaro: People of the sacred waterfalls (Vol. 648). Univ of California Press.

[12] Rubenstein, S. (2002). Alejandro Tsakimp: a Shuar healer in the margins of history. U of Nebraska Press.

[13] Santillán, J. (2020, 17 de marzo). 8 Datos inquietantes sobre cabezas reducidas reales. TheCollector. Recuperado de https://www.thecollector.com/shrunken-heads/

[14] Smarandache, F. (2019). Nuevos tipos de Conjuntos/Lógica/Probabilidad Neutrosóficos, Conjuntos Neutrosóficos por Encima/Abajo, Conjuntos Neutrosóficos Refinados, y su Extensión a Conjuntos/Lógica/Probabilidad Plitogénicos, con Aplicaciones.

[15] Moulton, H. (2024). Las mujeres indígenas son las "guardianas de la Pachamama": La soberanía territorial es indispensable para una adaptación justa al cambio climático en Perú. Global Environmental Change, 89, 102934.

[16] Garaicoa Ortiz, X. (2021). La justicia como expresión intercultural transnormativa de la diversidad. Computación Neutrosófica y Aprendizaje Automático, (16).

[17] Kandasamy, I., Vasantha, W. B., Obbineni, J. M., & Smarandache, F. (2020). Sentiment analysis of tweets using refined neutrosophic sets. Computers in Industry, 115, 103180.

[18] Nabeeh, N. A., Smarandache, F., Abdel-Basset, M., El-Ghareeb, H. A., & Aboelfetouh, A. (2019). Un enfoque integrado neutrosophic-topsis y su aplicación a la selección de personal: Una nueva tendencia en el procesamiento y análisis cerebral. Ieee Access, 7, 29734-29744.

[19] Smarandache, F. (2018). Lógica neutrosófica refinada n-valuada y sus aplicaciones a la física. Computación neutrosófica y aprendizaje automático, 2, 3-8. https://doi.org/10.5281/zenodo.1467233

[20] Kandasamy, I., & Smarandache, F. (2016, diciembre). Triple refined indeterminate neutrosophic sets for personality classification. En 2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI) (pp. 1-8). IEEE.

[21] Schmitt, J. F. (2018). Inclusionalidad natural, sabiduría indígena y realidad de la naturaleza. Human Arenas, 1(1), 37-55.

Recibido: noviembre 28, 2024. Aceptado: diciembre 26, 2024

NCML

Neutrosophic Computing and Machine Learning

UNIVERSITY OF NEW MEXICO, NEUTROSOPHIC SCIENCE INTERNATIONAL ASSOCIATION AND LATIN AMERICAN ASSOCIATION OF NEUTROSOPHIC SCIENCES

Information about the Journal

Neutrosophic Computation and Machine Learning (NCML) is an academic journal that has been created for publications of advanced studies in neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic logic, neutrosophic probability, neutrosophic statistics, Neutrosophic approaches to machine learning, etc. and their applications in any field.

All submitted papers should be professional, in good English or Spanish language, containing a brief review of a problem and obtained results.

All submissions should be designed in using our template.

To submit a paper, e-mail the file to the Editors-in-Chief. To order printed issues, contact the editors. This journal is open-access, non-commercial, academic edition. It is printed for private donations.

The neutrosophics website at UNM is:
http://fs.unm.edu/neutrosophy.htm

The home page of the Journal is accessed on:
http://fs.unm.edu/NCML/

Prof. Florentin Smarandache, PhD,
Postdoc, Mathematics Department,
University of New Mexico, Gallup,
NM 87301, USA.
Email: smarand@unm.edu

Prof. Maikel Leyva _ Vázquez, PhD,
Universidad Politécnica Salesiana,
Carrera de Ingeniería en Sistemas,
Guayaquil. Ecuador.
Email: mleyvaz@gmail.com

$39,95